

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología II (Odontología Conservadora)



**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
MÁSTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS**

**Estudio *in vitro* comparativo de la capacidad de obturar el tercio
medio y coronal del conducto radicular mediante dos técnicas
termoplásticas**

AUTOR

Noelia Santamaría Peralta

TUTOR

Dr. Jaime Bascones Ilundain

Madrid, 2017



ANEXO I: DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

D./Dña. NOELIA SANTAMARÍA PERALTA
con NIF 48080438-L, estudiante de Máster en la Facultad de
ODONTOLOGÍA de la Universidad Complutense de Madrid en el
curso 2016-2017, como autor/a del trabajo de fin de máster titulado
ESTUDIO IN VITRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE OBTURAR EL TERCIO
MEDIO Y CORONAL DEL CONDUCTO RADICULAR MEDIANTE DOS TÉCNICAS
TERMOPLÁSTICAS
y presentado para la obtención del título correspondiente, cuyo/s tutor/ es/son:
JAIME BASCONES ILUNDAIN

DECLARO QUE:

El trabajo de fin de máster que presento está elaborado por mí y es original. No copio, ni utilizo ideas, formulaciones, citas integrales e ilustraciones de cualquier obra, artículo, memoria, o documento (en versión impresa o electrónica), sin mencionar de forma clara y estricta su origen, tanto en el cuerpo del texto como en la bibliografía. Así mismo declaro que los datos son veraces y que no he hecho uso de información no autorizada de cualquier fuente escrita de otra persona o de cualquier otra fuente. De igual manera, soy plenamente consciente de que el hecho de no respetar estos extremos es objeto de sanciones universitarias y/o de otro orden.

En Madrid, a 1 de SEPTIEMBRE de 2017

Fdo.:

Esta DECLARACIÓN debe ser insertada en primera página de todos los trabajos fin de máster conducentes a la obtención del Título.



MÁSTER EN: CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

COMPROMISO DEONTOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN, REDACCIÓN Y POSIBLE PUBLICACIÓN DEL TRABAJO DE FIN DE MÁSTER (TFM)

CENTRO: FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

ESTUDIANTE DE MÁSTER: NOELIA SANTAMARÍA PERAULTA

TUTOR/ES DEL TFM: JAIME BASCONES ILUNDAIN

TÍTULO DEL TFM: ESTUDIO INVITRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE OBTURAR EL TERCIO MEDIO Y CORONAL DEL CONDUCTO RADICULAR MEDIANTE DOS TÉCNICAS TERMOPLÁSTICAS

FECHA DE PRIMERA MATRÍCULA: SEPTIEMBRE 2016

FECHA DE SEGUNDA MATRÍCULA (en caso de producirse):

1. Objeto

El presente documento constituye un compromiso entre el estudiante matriculado en el Máster en

CIENCIAS ODONTOLÓGICAS
y su Tutor/es y en el que se fijan las funciones de supervisión del citado trabajo de fin de máster (TFM), los derechos y obligaciones del estudiante y de su/s profesor/es tutor/es del TFM y en donde se especifican el procedimiento de resolución de potenciales conflictos, así como los aspectos relativos a los derechos de propiedad intelectual o industrial que se puedan generar durante el desarrollo de su TFM.

2. Colaboración mutua

El/los tutor/es del TFM y el autor del mismo, en el ámbito de las funciones que a cada uno corresponden, se comprometen a establecer unas condiciones de colaboración que permitan la realización de este trabajo y, finalmente, su defensa de acuerdo con los procedimientos y los plazos que estén establecidos al respecto en la normativa vigente.



3. Normativa

Los firmantes del presente compromiso declaran conocer la normativa vigente reguladora para la realización y defensa de los TFM y aceptan las disposiciones contenidas en la misma.

4. Obligaciones del estudiante de Máster

- Elaborar, consensuado con el/los Tutor/es del TFM un cronograma detallado de trabajo que abarque el tiempo total de realización del mismo hasta su lectura.
- Informar regularmente al Tutor/es del TFM de la evolución de su trabajo, los problemas que se le planteen durante su desarrollo y los resultados obtenidos.
- Seguir las indicaciones que, sobre la realización y seguimiento de las actividades formativas y la labor de investigación, le hagan su tutor/es del TFM.
- Velar por el correcto uso de las instalaciones y materiales que se le faciliten por parte de la Universidad Complutense con el objeto de llevar a cabo su actividad de trabajo, estudio e investigación.

5. Obligaciones del tutor/es del TFM

- Supervisar las actividades formativas que desarrolle el estudiante; así como desempeñar todas las funciones que le sean propias, desde el momento de la aceptación de la tutorización hasta su defensa pública.
- Facilitar al estudiante la orientación y el asesoramiento que necesite.

6. Buenas prácticas

El estudiante y el tutor/es del TFM se comprometen a seguir, en todo momento, prácticas de trabajo seguras, conforme a la legislación actual, incluida la adopción de medidas necesarias en materia de salud, seguridad y prevención de riesgos laborales.

También se comprometen a evitar la copia total o parcial no autorizada de una obra ajena presentándola como propia tanto en el TFM como en las obras o los documentos literarios, científicos o artísticos que se generen como resultado del mismo. Para tal, el estudiante firmará la Declaración de No Plagio del ANEXO I, que será incluido como primera página de su TFM.

7. Procedimiento de resolución de conflictos académicos

En el caso de producirse algún conflicto derivado del incumplimiento de alguno de los extremos a los que se extiende el presente compromiso a lo largo del desarrollo de su TFM, incluyéndose la posibilidad de modificación del nombramiento del



tutor/es, la coordinación del máster buscará una solución consensuada que pueda ser aceptada por las partes en conflicto. En ningún caso el estudiante podrá cambiar de Tutor directamente sin informar a su antiguo Tutor y sin solicitarlo oficialmente a la Coordinación del Máster.

En el caso de que el conflicto persista se gestionará según lo previsto en el SGIC de la memoria verificada.

8. Confidencialidad

El estudiante que desarrolla un TFM dentro de un Grupo de Investigación de la Universidad Complutense, o en una investigación propia del Tutor, que tenga ya una trayectoria demostrada, o utilizando datos de una empresa/organismo o entidad ajenos a la Universidad Complutense de Madrid, se compromete a mantener en secreto todos los datos e informaciones de carácter confidencial que el Tutor/es del TFM o de cualquier otro miembro del equipo investigador en que esté integrado le proporcionen así como a emplear la información obtenida, exclusivamente, en la realización de su TFM.

Asimismo, el estudiante no revelará ni transferirá a terceros, ni siquiera en los casos de cambio en la tutela del TFM, información del trabajo, ni materiales producto de la investigación, propia o del grupo, en que haya participado sin haber obtenido, de forma expresa y por escrito, la autorización correspondiente del anterior Tutor del TFM.

9. Propiedad intelectual e industrial

Cuando la aportación pueda ser considerada original o sustancial el estudiante que ha elaborado el TFM será reconocido como cotitular de los derechos de propiedad intelectual o industrial que le pudieran corresponder de acuerdo con la legislación vigente.

10. Periodo de Vigencia

Este compromiso entrará en vigor en el momento de su firma y finalizará por alguno de los siguientes supuestos:

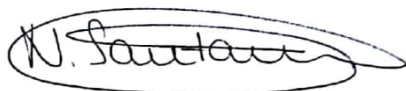

- Cuando el estudiante haya defendido su TFM.
- Cuando el estudiante sea dado de baja en el Máster en el que fue admitido.
- Cuando el estudiante haya presentado renuncia escrita a continuar su TFM.
- En caso de incumplimiento de alguna de las cláusulas previstas en el presente documento o en la normativa reguladora de los Estudios de Posgrado de la Universidad Complutense.

La superación académica por parte del estudiante no supone la pérdida de los derechos y obligaciones intelectuales que marque la Ley de Propiedad Intelectual para ambas partes, por lo que mantendrá los derechos de propiedad intelectual sobre



su trabajo, pero seguirá obligado por el compromiso de confidencialidad respecto a los proyectos e información inédita del tutor.

Firmado en Madrid, a 1 de SEPTIEMBRE de 2017

<p>El estudiante de Máster</p> <p>NOELIA SANTAMARÍA PERALTA</p> <p>Fdo.: </p>	<p>El Tutor/es</p> <p>Jaime Bascones Ilundain</p> <p>Fdo.: </p>
--	---

SR. COORDINADOR DEL MÁSTER EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS



UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Facultad de Odontología

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER
VISTO BUENO DEL TUTOR
MASTER OFICIAL EN CIENCIAS ODONTOLÓGICAS

El profesor/a tutor

Nombre y apellidos:

JAIME BASCONES ILUNDAIN

del alumno/a

Nombre y apellidos

NOELIA SANTAMARÍA PERALTA

encuadrado en la línea de investigación

SELLADO DE CONDUCTOS RADICULARES

DA EL VISTO BUENO

para que el Trabajo de Fin de Máster titulado

ESTUDIO IN VITRO COMPARATIVO DE LA CAPACIDAD DE
OBTURAR EL TERCIO MEDIO Y CORONAL DEL CONDUCTO
RADICULAR MEDIANTE DOS TÉCNICAS TERMOPLÁSTICAS

sea admitido para su defensa ante Tribunal.

En MADRID, a 1 de SEPTIEMBRE de 2017.

Fdo: el profesor/a

El presente Visto Bueno se debe acompañar del Trabajo de Investigación en formato electrónico y tres copias en papel

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quería agradecer al Dr. Jaime Bascones Ilundain, tutor de este trabajo, por la confianza que depositó en mí para participar en este estudio y por toda la ayuda, apoyo y consejos recibidos a lo largo de este año.

A la Dra. Lucía Gancedo Caravia, por toda la ayuda prestada y por su colaboración con el análisis estadístico.

Al Departamento de Odontología Conservadora y al Máster de Endodoncia de la Universidad Complutense de Madrid, lugares donde se ha llevado a cabo el presente estudio.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN	7
II.	JUSTIFICACIÓN	31
III.	HIPÓTESIS Y OBJETIVOS	34
IV.	MATERIAL Y MÉTODO	35
V.	RESULTADOS	55
VI.	DISCUSIÓN	80
VII.	CONCLUSIONES	97
VIII.	BIBLIOGRAFÍA	98

I. INTRODUCCIÓN

1. Definición y objetivos de la obturación de conductos radiculares

1.1 Definición

La Asociación Americana de Endodoncia (AAE) define la obturación como el método empleado para llenar y sellar los conductos radiculares limpiados y conformados usando un sellador y un material de relleno que actúa como núcleo central (1). Por tanto, la obturación constituye la última fase del tratamiento después de haber sido completamente limpiado, conformado y desinfectado el conducto radicular (2,3).

1.2 Objetivos

Según Schilder (4), el objetivo final de la obturación debería ser el relleno total y tridimensional de los conductos radiculares y de todos los conductos accesorios, consiguiendo un sellado hermético desde el orificio coronal hasta el foramen apical en la unión cementodentinaria.

Posteriormente, Laurichesse y Breillat (2) en 1986 distinguieron dos tipos de objetivos que debe conseguir la obturación:

- **Objetivo técnico:** consiste en rellenar de la forma más impermeable posible la totalidad del sistema de conductos radiculares con un material que permanezca estable en el tiempo y sin producir daños en el periodonto. De este modo se intenta conseguir el sellado coronoapical para evitar la penetración de bacterias y fluidos hacia el interior del conducto.
- **Objetivo biológico:** con este objetivo se intenta conseguir las condiciones adecuadas para que se produzca la reparación periapical ya que los productos tóxicos no conseguirían llegar al periápice y el propio organismo sería capaz de eliminar bacterias, restos hísticos necróticos y componentes antigénicos residuales a nivel apical y completar la reparación hística. El material ideal debería, además de sellar el conducto, favorecer la reparación del tejido periapical y la aposición de cemento en las zonas reabsorbidas del ápice.

Ingle y cols. recogieron en el “Washington Study” que aproximadamente el 60% de los fracasos endodónticos se atribuyen a una inadecuada obturación del sistema de conductos radiculares (5).

2. Sellado de los conductos radiculares

El sellado hermético del espacio de los conductos radiculares continúa siendo una de las metas del tratamiento endodóntico que se persiguen en la práctica clínica (6). El objetivo es obtener una barrera para detener los fluidos y así poder proteger los tejidos perirradiculares de los microorganismos que residen en la cavidad oral (7).

Sundqvist y cols. establecieron tres funciones que debe llevar a cabo un sistema de conductos bien obturado:

1. Prevenir la filtración coronal de microorganismos o nutrientes potenciales como fuente para su crecimiento en el espacio muerto del sistema de conductos radiculares.
2. Evitar que los fluidos periapicales o periodontales se filtren en los conductos radiculares y así evitar que los microorganismos se alimenten de ellos.
3. Enterrar cualquier microorganismo residual que haya sobrevivido a las etapas de desbridamiento y desinfección del tratamiento, con el fin de evitar su proliferación y patogenicidad (7).

El sellado del sistema de conductos radiculares es un paso esencial en el tratamiento de conductos para conseguir un resultado con éxito (8). Es importante que el material de relleno se adapte a todas las porciones del conducto radicular para evitar una obturación incompleta del sistema de conductos que podría desembocar en un fracaso del tratamiento endodóntico realizado (9).

Por tanto, con el fin de conseguir ese sellado tridimensional propuesto por Schilder, a lo largo de los últimos años se han introducido diversas técnicas para conseguir una obturación más eficiente del sistema de conductos con gutapercha (10) y poder permitir una mayor fluidez de este material de obturación a las distintas irregularidades de la superficie radicular (11).

2.1 Factores que influyen en la filtración

Existen una serie de condiciones que pueden influir en la obtención de un sellado adecuado durante la obturación del conducto (12):

- Una de ellas es la **anatomía del sistema de conductos** que está compuesta de varias irregularidades (9). Algunas de ellas son:
 - **Conductos accesorios:** son ramificaciones del conducto radicular principal o de la cámara que se comunican con la superficie externa de la raíz. De Deus analizó la anatomía de 1140 dientes y observó la presencia de conductos laterales, secundarios y accesorios en un 27.4% de ellos. Esas ramificaciones se encontraban principalmente a nivel apical (17%) y en menor frecuencia en los tercios medio (8.8%) y coronal (1.6%) (13). Dado que estos conductos son difíciles de limpiar y de obturar se cree que son una de las principales causas de reinfección del conducto radicular y fracaso del tratamiento (14).
 - **Conductos en C:** es aquel conducto que en cualquier sección transversal de forma arbitraria presenta una configuración en forma de C (15).
 - **Istmos:** se suelen encontrar en las raíces en las que hay dos conductos. Son un impedimento para la limpieza del conducto radicular y pueden influir en la calidad del relleno de los conductos radiculares (16).
 - **Reabsorciones internas:** es un proceso patológico que resulta en la destrucción progresiva de la dentina de las paredes del conducto radicular produciendo unas irregularidades que pueden dificultar la preparación y posterior obturación ya que es complicado condensar y adaptar la gutapercha en esas zonas. Algunos autores afirman que la técnica de condensación lateral en frío sería insuficiente para sellar de forma adecuada estas reabsorciones y demostraron que algunas técnicas termoplásticas, como la inyección o la técnica de la ola continua pueden rellenar esa anatomía más desfavorable con mejores resultados (17).
- **Cavidad de acceso.** Si no está sellada de forma adecuada, las bacterias pueden penetrar en pocos días o semanas produciendo una filtración coronal.

- **Barrillo dentinario o *smear layer*:** se define como una mezcla de partículas inorgánicas y orgánicas que constituyen el colágeno dentinario, restos pulpares, bacterias y desechos inorgánicos como la apatita, creado por los instrumentos endodónticos al realizar la preparación mecánica del conducto. Hay discrepancia sobre si realmente puede afectar al sellado apical y a la obliteración de los conductos accesorios (18).
- **Material de obturación:** debe presentar estabilidad, ser impermeable y tener adhesión a la dentina.
- **Espesor del sellador:** generalmente se recomienda una fina capa de sellador para evitar porosidades o que se disuelva más rápidamente como puede ocurrir si es una capa gruesa.
- **Técnica de obturación:** a pesar de que las técnicas de termoplastificación se han introducido para conseguir una mejor adaptación al conducto, hay controversia en los estudios en si consiguen un mejor sellado que las técnicas en frío.
- **Protocolo de irrigación/sequedad del conducto:** la adaptación marginal y la fijación de selladores pueden depender de la solución irrigante. Además, la pared debe estar limpia y seca para tener una buena adaptación del sellador a la pared.

3. Materiales de obturación

Los materiales más comúnmente usados para la obturación son una combinación de un núcleo semisólido y un cemento (7).

En 1988 Grossman propuso cuáles serían las propiedades que debe de cumplir un material de obturación para ser ideal (Tabla 1) aunque a día de hoy no hay ningún material que cumpla todas las demandas (19,20).

- Fácil introducción en el conducto radicular
- Amplio tiempo de trabajo
- Sellado del conducto tanto lateral como apicalmente
- Estabilidad dimensional
- No irritar los tejidos periapicales ni afectar a la estructura dentaria
- No tinción de la estructura de diente
- Bactericida
- Impermeable y no poroso
- Biocompatibilidad
- No se vea afectado por el fluido de tejidos dentales
- Estéril o que pueda ser esterilizado de forma rápida y fácil antes de introducirlo
- Radiopacidad
- Fácil de retirar del conducto si es necesario

Tabla 1. Características que debe cumplir el material de obturación ideal (19,20)

3.1 Materiales empleados como núcleo de la obturación

3.1.1 Gutapercha

3.1.1.1 Características generales

Es el material que más se ha utilizado desde que lo introdujo Bowman en 1876 (21). Es un látex natural rígido producido a partir de la savia de los árboles de caucho del género *Palaquium gutta* (20) con el nombre químico trans-1,4-poliisopreno (7).

En su forma tradicional contiene óxido de zinc (65%), gutapercha (20%), radiopacificadores (metal de sulfato) (10%) y plastificantes (5%). Las concentraciones pueden variar según el fabricante (7,22). La adición de otros componentes como yodoformo, hidróxido de calcio, clorhexidina y tetraciclinas se ha sugerido para mejorar sus propiedades antibacterianas (23).

Aunque la gutapercha no es el material de relleno ideal para la obturación de los conductos radiculares, cumple la mayoría de los criterios propuestos por Grossman. En concreto, la gutapercha tiene una mínima toxicidad, alergenicidad e irritabilidad tisular, es predominantemente no reabsorbible y en general es bien tolerada en casos de sobreextensión inadvertida en la zona perirradicular (24). Tiene propiedades térmicas favorables ya que se le puede aplicar calor sin cambiar la composición química del material y esto le permite

adaptarse a las irregularidades del conducto radicular (25), es fácil de esterilizar, radiopaca, impermeable y puede eliminarse fácilmente (20).

Por otro lado, presenta una serie de desventajas: no se adhiere a la dentina (25), su capacidad para evitar filtraciones es bastante cuestionada (26), tiene una rigidez insuficiente y, aunque puede expandirse con calor o solventes, se contrae durante el enfriamiento o cuando se evapora el solvente (27).

3.1.1.2 Tipos de gutapercha

A) Fase cristalina

El polímero de la gutapercha, el trans-poliisopreno, puede existir en dos formas cristalinas y/o estereoquímicas conocidas como **fase alfa** (α) y **fase beta** (β) (22,28).

La gutapercha natural existe en la fase cristalina α , aunque la forma β se introdujo para conseguir unas puntas de gutapercha con mejor estabilidad y dureza para obturar los conductos radiculares de forma convencional (7).

Generalmente existen dos picos endotérmicos en la transformación de la gutapercha pura (podemos encontrar ligeras diferencias en los valores de temperatura para la gutapercha comercializada) de la fase β a α (Figura 1). En el primer pico endotérmico (aproximadamente entre 42 y 49° C) se produce la transformación de la fase β cristalina en la fase α cristalina. El segundo pico (aproximadamente entre 50 y 59° C) se debe a la conversión de la forma α cristalina a una gutapercha α amorfa. Cuando la gutapercha en fase α se enfría a una velocidad superior a 0,5° C por hora, se puede transformar en la fase β y sufrirá una contracción mientras lo hace (28).

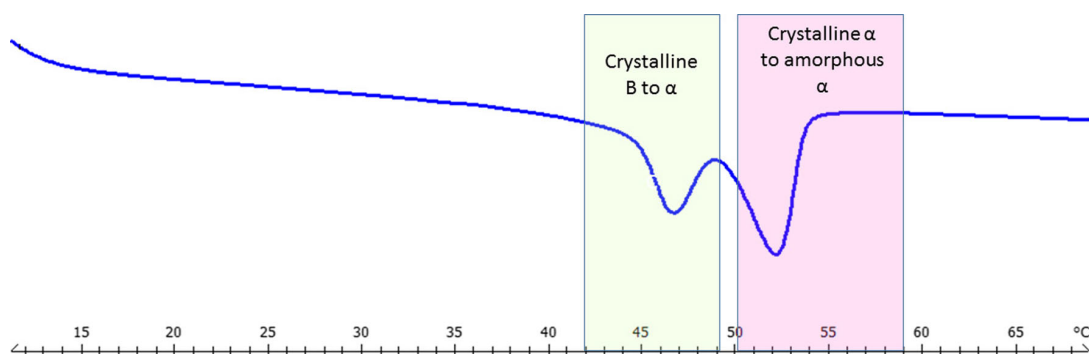


Figura 1. Características de la curva térmica de la gutapercha (28)

En los últimos años se ha introducido más la gutapercha en fase α para realizar las técnicas de termoplastificación y se ha sugerido que tenga otras diferencias con respecto a la fase β como la fluidez, la plasticidad, la fuerza de tensión inherente, el comportamiento térmico y viscosidad del material (22). Debido a su plasticidad, esta gutapercha puede llenar espacios irregulares, pero al verse sometida a un aumento de temperatura se produce un aumento de volumen y es necesario compactar la gutapercha para evitar su contracción cuando vuelve a enfriarse (29).

B) Forma

La gutapercha está disponible en dos formas principalmente: tamaños **estandarizados** y tamaños **no estandarizados** (23).

Los **conos de gutapercha estandarizados** corresponden en diámetro y conicidad (2%) (Figura 2) a los instrumentos de conformación del conducto radicular según la normativa ISO 6877 propuesta por Ingle y Levine en 1958 (30). Los tamaños pueden variar de ISO 10 a ISO 140 (12).

A pesar de existir esta codificación, en muchos casos existen discrepancias entre la forma del cono de gutapercha y el instrumento de conformación, de modo que la dimensión real de las puntas de gutapercha puede presentar una variación considerable. Por tanto, es necesario comprobar las dimensiones de cada cono antes de utilizarlos (12).

Los **conos de gutapercha no estandarizados** o **convencionales** hacen referencia a las dimensiones de la punta y al cuerpo de la gutapercha. La punta del cono tiene un tamaño y el cuerpo del cono otro y están disponibles en varias combinaciones: XF, FF, MF, F, FM, M, L, XL (23,31).

En la actualidad, el uso generalizado de la instrumentación mecánica rotatoria con níquel-titanio (Ni-Ti) ha dado lugar a que los fabricantes saquen al mercado conos de gutapercha que coincidan con la conicidad y el diámetro de los instrumentos (32). De modo que encontraremos **conos de gutapercha de mayor conicidad** que las puntas estandarizadas, con conicidades del 4%, 6% e incluso hasta el 12% (12) (Figura 3).

Además, esta conicidad puede ser constante o variable. Tendremos una **conicidad constante** cuando en cada milímetro del cono de gutapercha aumenta el mismo porcentaje de conicidad. Un ejemplo son las puntas de gutapercha de Mtwo® (VDW, Múnich, Alemania). Por el contrario, en las puntas de **conicidad variable** no encontraremos ese incremento proporcional, sino que puede aumentar o disminuir la conicidad desde la punta del cono de gutapercha. Un ejemplo son las puntas de gutapercha de ProTaper® (Dentsply-Maillefer, Baillagues, Suiza), los conos F3 de este sistema se caracterizan por tener una conicidad del 9% en la punta que se reduce coronalmente al 5% (32).

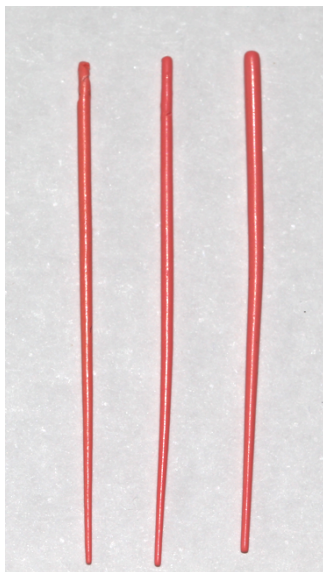


Figura 2. Conos de gutapercha estandarizados con conicidad 2%



Figura 3. Conos de gutapercha de gran conicidad (ProTaper® Next X4 y X5)

3.1.1.3 Propiedades termoplásticas de la gutapercha

Una gutapercha termoplástica ideal sería aquel material que se ablandase a una temperatura lo más baja posible con una fluidez para llenar el sistema de conductos, conservando al mismo tiempo la capacidad de transformarse en estado sólido cuando se enfría a temperatura corporal (33). La ventaja de la maleabilidad que presenta esta gutapercha puede verse perjudicada por la contracción que sufre al enfriarse (6).

Para que la gutapercha sea maleable es necesario que se caliente a una temperatura de 65° C o superior, por tanto, se ha establecido 65° C como umbral para obtener una plastificación fiable de la gutapercha y conseguir el sellado de conductos radiculares (34). Es importante que la gutapercha sea termoplastificada sin que su integridad química se vea alterada de forma permanente y es conveniente conocer cómo puede ser el comportamiento de la gutapercha

según el grado de plastificación que sufra: si el material es demasiado fluido hay una mayor posibilidad de que haya un llenado excesivo del conducto y producir una irritación posterior de los tejidos periapicales. Por el contrario, si el material es demasiado viscoso, no obtendremos una obturación adecuada del sistema de conductos y puede haber un mayor riesgo de que queden huecos dentro del conducto y también puede provocar un problema ergonómico para el operador por requerir una mayor fuerza manual. Además, si no se controla la fuente de calor que se aplica puede sobrecalentar la gutapercha por encima del rango de temperatura permitido y producir una degradación del material, elevar la temperatura de la superficie radicular o causar daños en el periodonto (33).

Uno de los aspectos que se ha estudiado a la hora de utilizar la gutapercha en las distintas técnicas de termoplastificación es la elevación de la temperatura que se produce en la superficie externa radicular. Eriksson y Albrektsson determinaron que una temperatura de 47°C causaba la necrosis de células grasas y un daño irreversible a nivel óseo (17). Por tanto, los procedimientos dentales que aumentan la temperatura de la superficie externa radicular por encima del nivel crítico aceptado (10° C) pueden originar la destrucción del tejido perirradicular (17,35).

A pesar de ser un material maleable, diversos estudios han demostrado que la gutapercha es un mal conductor del calor (4,34) y que los transportadores que se utilizan en las distintas técnicas transmiten el calor de forma irregular, independientemente de cómo sea su tamaño o conicidad. Para poder obtener una compactación de la gutapercha a nivel apical el transportador de calor debería llegar a 1-2 mm de la longitud de trabajo (34).

3.1.2 Otros materiales de obturación: Resilon

Dado que la gutapercha no cumplía todas las características para ser un material de obturación ideal, se propuso como alternativa en 2003 un nuevo material denominado **Resilon** (Resilon Research LLC, Madison, CT, USA), comercializado también con otros nombres como RealSeal® (SybronEndo, Orange, California, USA) (36). Es un poliéster termoplástico de base sintética que se presenta de forma similar a los conos de gutapercha y están disponibles en tamaños ISO de 0.02, 0.04 y 0.06 de conicidad y puntas accesorias. También se pueden encontrar cánulas de inyección para utilizarlos en el *backfill* en las técnicas termoplásticas.

Resilon se utiliza junto a un cemento sellador RS SE® (SybronEndo) o Epiphany® (Pentron Clinical Technologies) compuesto de resina de doble curado que se utiliza para fijar Resilon a la dentina y de un *primer* autograbante (37,38).

El objetivo que busca este material es el de conseguir el efecto *monoblock*, es decir, conseguir una unión estrecha entre el relleno de Resilon y el sellador y a su vez del sellador a las paredes dentinarias para obtener un mejor sellado del conducto radicular (37). Se puede utilizar con técnicas termoplásticas pero la temperatura no debe exceder los 150º C, pues su punto de fusión está sobre los 60º C aproximadamente. Así, se ha encontrado que en la obturación de conductos laterales podría considerarse una opción más para utilizar Resilon en técnicas termoplásticas (39).

Se han realizado varios estudios comparando Resilon y la gutapercha analizando diferencias en la fuerza de adhesión, biocompatibilidad, resistencia a la filtración, resistencia a la fractura radicular, facilidad de remoción... pero la variedad de los métodos empleados en estos estudios dificulta la comparación. En términos de biocompatibilidad, Resilon ofrece unos resultados favorables con respecto a la gutapercha, aunque hay preocupación por la posible citotoxicidad del sellador Epiphany® (26). Con respecto al sellado, se ha encontrado que Resilon tiene una mayor resistencia a la microfiltración que la gutapercha, pero no proporciona un sellado coronal completo (27) y otros autores como Castelo-Baz y cols. determinaron que la capacidad de sellado no es superior a la de los materiales existentes (36), incluso llegando a tener peores resultados en seguimientos a largo plazo de casos tratados con este material en comparación a la gutapercha (40).

3.2 Selladores

3.2.1 Características generales

Se usan junto al material principal, la gutapercha, ya que ésta carece de adhesividad a la dentina de las paredes radiculares y han demostrado tener una influencia positiva en el éxito del tratamiento. Tienen diversas funciones como la de sellar el espacio que hay entre el material de obturación y las puntas accesorias en la técnica de condensación lateral, sellar las irregularidades del complejo sistema de conductos como son los conductos laterales o los túbulos dentinarios, lubricar y facilitar el asentamiento del cono principal y de las puntas accesorias y dar propiedades antibacterianas al sistema de obturación (7,24).

Grossman también determinó las propiedades ideales de los selladores endodónticos: establecer un sellado hermético, estabilidad dimensional al colocarlo, no producir tinción del diente, tiempo de trabajo adecuado, insolubilidad, antimicrobiano, no irritante, permitir una adhesión adecuada entre él y la pared del conducto, ser un polvo fino fácil de mezclar cuando se le añade un líquido y ser soluble al ponerse en contacto con un disolvente si se quiere retirar (2).

Un tema bastante debatido desde que se comenzaron a usar es la determinación de la cantidad ideal de sellador que debe ser colocada junto al material principal. En general, se ha determinado que una alta cantidad de gutapercha y una baja cantidad de sellador están relacionados con una buena calidad del relleno del conducto radicular. Sin embargo, sin el uso de sellador, a menudo el relleno no consigue adaptarse a la pared del conducto y se producen grandes cantidades de vacíos y lagunas (41), así como un peor sellado, como demostraron Whitworth y Baco en 2005, cuando compararon conductos sellados con gutapercha termoplástica únicamente con conductos rellenos con solo sellador (42). Por tanto, la cantidad de sellador debe limitarse a una capa delgada entre la gutapercha y las paredes del conducto, pero debe ser la cantidad necesaria para evitar el paso de microorganismos y sus productos (29).

A pesar de que la función de los selladores está localizada dentro del conducto radicular, este material o algún producto de ellos se puede extruir al espacio perirradicular a través de los conductos laterales, accesorios y del foramen apical. Esto conllevaría a una generación de la respuesta inflamatoria por la citotoxicidad que induce el sellador y que puede provocar destrucción periapical, reabsorción ósea alveolar e incluso la pérdida del diente. Por ello, la búsqueda del cemento ideal está encaminada principalmente a que sea un sellador biocompatible, no tóxico o lo menos tóxico posible y menos irritante para los tejidos periapicales (43).

3.2.2 Clasificación de los selladores

En la actualidad hay disponibles distintos tipos de selladores: Cementos de óxido de zinc-eugenol, Cementos de hidróxido de calcio, Cementos de ionómero de vidrio, Cementos basados en resinas plásticas, Cementos de siliconas y Cementos basados en silicatos y aluminatos cálcicos (Tabla 2).

Los **cementos de óxido de zinc-eugenol** son los más antiguos y los que más se han utilizado. Tienen una acción antimicrobiana elevada, sin embargo, son tóxicos al contener eugenol. Recientemente se ha publicado un estudio donde no encuentran diferencias en relación al pronóstico de dientes tratados con selladores con eugenol, AH Plus® y Apexit®, cuando éstos se extruían al periápice, que es precisamente donde tienen mayor potencial tóxico (44).

Los **cementos de hidróxido de calcio** surgieron para incorporar las propiedades antibacterianas que presenta el hidróxido de calcio e intentar evitar al mismo tiempo la rápida reabsorción de esta sustancia, aunque se ha demostrado que tienen una actividad antibacteriana limitada que puede deberse a una falta de elevación del pH suficiente. Además, son solubles y tienen una difusión limitada en los túbulos dentinarios (45). Destaca Apexit Plus®, sellador que confiere buen sellado, incluso mejor que AH Plus®, tal y como el grupo de Salz publica en su trabajo (46).

Los **cementos de ionómero de vidrio** salieron al mercado por su capacidad de unión a la dentina, aunque comparándolos con los compuestos de óxido de zinc-eugenol e hidróxido de calcio son más solubles y presentan menor actividad antimicrobiana. Por otro lado, son más difíciles de eliminar si es necesario hacer un retratamiento (23,47).

Los **cementos de resinas** llevan usándose desde hace tiempo, aportan adhesión y no contienen eugenol. Se dividen en dos grupos: cementos de resina epóxicos y cementos de resina a base de metacrilatos. Dentro de los **epóxicos**, el cemento más representativo de este grupo es AH 26® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemania) que fue sustituido posteriormente por AH Plus® (Dentsply DeTrey, Konstanz, Alemania) ya que no libera formaldehído. Tiene buena capacidad de sellado (48), se adhiere a la dentina, es antimicrobiano (49), no se reabsorbe fácilmente en los tejidos perirradiculares y, aunque puede producir una respuesta inflamatoria, es bien tolerado en pocas semanas (7).

Por otro lado, con los cementos de resina **a base de metacrilato** se busca crear *monoblocks* dentro del espacio del conducto radicular. De este modo ese espacio se llenaría perfectamente con una masa sólida sin poros compuesta por distintos materiales e interfases consiguiendo una mayor resistencia a la filtración y a la fractura radicular. Se han desarrollado hasta cuatro generaciones de selladores desde que se comenzaron a utilizar a mediados de los años 70. En la revisión realizada por Kim y cols. en 2010 afirmaron que por el momento el uso de estos selladores no presentaba ningún beneficio claro junto al uso de materiales de relleno

adhesivos y la creación de un monobloque en los conductos radiculares todavía no se ha conseguido (50). Un ejemplo de estos selladores es EndoRez® (Ultradent Products Inc., Utah, USA) compuesto por resina de metacrilato de uretano hidrófilo que ha demostrado tener biocompatibilidad y capacidad para penetrar en los tubulillos dentinarios. Sin embargo, algunos estudios han demostrado que su capacidad de sellado es menor que el de AH Plus® (51).

Dentro de los **cementos a base de siliconas** encontramos RoekoSeal® (Coltène Whaledent, Altstätten, Suiza) que es un sellador basado en polidimetilsiloxano con baja viscosidad para fluir, poca contracción y alta biocompatibilidad (7). Su combinación con gutapercha en polvo (Guttaflow®) se desarrolló posteriormente con el fin de usar un cono único evitando la condensación lateral en frío y las técnicas termoplásticas y es un material tixotrópico con gran capacidad de fluir hacia los conductos laterales. Además, al ser un material frío no sufre contracción porque no se utiliza calor al colocarlo e incluso puede expandirse un 0,2% tras el curado según el fabricante (9,52). Al igual que su precursor RoekoSeal®, se caracteriza por su gran biocompatibilidad, superior incluso al AH Plus® y MTA Fillapex® (53). Recientemente ha aparecido una nueva formulación que incorpora silicato de calcio, GuttaFlow bioseal®, que según Gandolfi podría resultar muy interesante en conductos que presenten algo de humedad procedente del periápice (54).

Los **selladores a base de silicatos y aluminatos cálcicos** son cementos basados en los componentes del agregado trióxido mineral (MTA) o del cemento Portland. Constan de dos partes, el polvo (que contiene silicato tricálcico, aluminato tricálcico, silicato cálcico y aluminato tricálcico en distintas proporciones, además de óxido de bismuto) y el líquido (solución de un polímero en agua o propilenglicol para facilitar su fluidez) junto con cloruro cálcico para acelerar su fraguado. Sus características principales son sus excelentes propiedades de sellado y biocompatibilidad para evitar la irritación de los tejidos periapicales si se produce extrusión (2), así como una excelente capacidad antimicrobiana, como se ha demostrado con el EndoSequence BC Sealer® (55).

Los compuestos por silicato tricálcico inducen la bioactividad en la superficie del material cuando están en contacto con fluidos tisulares debido a la “interacción mineral” que se produce (56). Estos selladores se fijan al reaccionar con agua y forman una mezcla altamente alcalina (un pH cercano a 12) que consiste en una matriz rígida de hidratos de silicato de calcio e hidróxido de calcio (23). El primer sellador que salió fue MTA Fillapex® (Angelus, Londrina,

Brasil). Se compone de una matriz de resina de salicilato, sílice y en menor cantidad de agregado de trióxido mineral y, aunque no forme hidróxido de calcio cuando el material se fija, permanece estable cuando se usa junto a técnicas de termoplastificación (56). Una reciente revisión de los estudios *in vitro* o *in vivo* en animales sobre selladores a base de MTA y biocerámicos ha concluido que estos son similares o superiores en algunos casos a los selladores convencionales (57).

Tipo	Ventajas	Inconvenientes	Ejemplos
Óxido de zinc y eugenol	Antimicrobiano Larga historia de uso Se reabsorben en tejidos periapicales	Toxicidad Tinción del diente	<i>Pulp Canal Sealer</i> ® (SybronEndo) <i>Tubli-Seal</i> ® (SybronEndo)
Hidróxido de calcio	Antimicrobiano Muy biocompatible	Soluble Puede debilitar la dentina	<i>Apexit</i> ® (Ivoclar Vivadent) <i>Apexit Plus</i> ® (Ivoclar Vivadent) <i>Sealapex</i> ® (Kerr Sybron)
Ionómero de vidrio	Buen sellado: unión a dentina	Difícil de retirar No antimicrobiano	<i>Activ GP</i> ® (Brasseler) <i>Ketac-Endo</i> ® (3M ESPE)
Resina	Larga historia de uso Buen sellado Muy biocompatibles Efecto antimicrobiano	La irrigación con clorhexidina puede reducir su fuerza de unión	<i>AH 26</i> ® (Dentsply DeTrey) <i>AH Plus</i> ® (Dentsply DeTrey) <i>Diaket</i> ® (ESPE AG) <i>EndoREZ</i> ® (Ultradent) <i>Epiphany</i> ® (Pentron Clinical Technologies) <i>RealSeal</i> ® (SybronEndo)
Silicona	Buen sellado Biocompatible	Expande ligeramente No recomendable con técnicas termoplásticas	<i>GuttaFlow</i> ® (Coltene Whaledent) <i>RoekoSeal</i> ® (Roeko)
Basados en silicato tricálcico/ Biocerámicos	Hidrofílicos Alta biocompatibilidad Antimicrobiano	Cuestión planteada sobre la facilidad de remoción en retratamiento	<i>MTA Fillapex</i> ® (Angelus) <i>iRoot SP</i> ® (Innovative Bioceramix) <i>MTA Plus</i> ® (Avalon Biomed) <i>Endo CPM Sealer</i> ® (EGEO)

Tabla 2. Resumen propiedades de los selladores y ejemplos disponibles comercialmente

3.2.3 Influencia de las técnicas termoplásticas en los selladores

Aunque las técnicas de obturación con gutapercha caliente mejoran la compactación de la gutapercha en las paredes radiculares cuando se compara con la técnica lateral en frío sigue siendo necesario usar un sellador para llenar huecos entre el material de obturación y las paredes del conducto (58).

En los últimos años, los estudios que han analizado los efectos de la temperatura en los materiales de obturación con las técnicas de termoplastificación determinaron que el calentamiento producía una serie de cambios físicos de la gutapercha sin alterar su composición química. En cambio, los estudios que analizaron el efecto del calor sobre los selladores afirmaron que se producía una modificación de las propiedades físicas y también de su composición química (59).

Qu y cols. analizaron los cambios en las propiedades físicas (tiempo de fraguado y flujo) de varios selladores cuando se usaban en una técnica de gutapercha caliente. Los selladores basados en óxido de zinc-eugenol y AH Plus® mostraron cambios aceptables cuando se sometían a altas temperaturas mientras que iRoot SP® y RoekoSeal® mostraron una reducción significativa en el tiempo y flujo de fraguado, lo que podría afectar de forma negativa a la calidad de la obturación cuando se usa esta técnica (59).

Otros autores encontraron que el sellador AH Plus® se veía afectado por las altas temperaturas y lo atribuyeron a una desintegración de las fases que dan como resultado la polimerización del material. También se observó una reducción en el tiempo de fraguado y la resistencia del sellador (60). Camilleri y cols. encontraron un resultado similar, el tiempo de fraguado se redujo y aumentó el espesor de la película (61).

Por otro lado, se ha encontrado que en estudios de cultivos el calor puede aumentar la toxicidad de selladores como el AH 26® y el AH Plus® (62), algo que tenemos que tener en cuenta cuando se producen extrusiones de material a los tejidos periapicales, hecho que ocurre con bastante frecuencia en las técnicas termoplásticas (63).

Con respecto al uso de selladores basados en silicato tricálcico, éstos permanecieron estables tras usar las técnicas termoplásticas (58) y sugieren que selladores como MTA Fillapex® y Apexit Plus® deberían de utilizarse cuando se realicen estas técnicas (61).

4. Técnicas de obturación

En la actualidad podemos emplear diferentes técnicas para obturar los conductos radiculares (3). Se pueden clasificar de la siguiente forma (Figura 4):

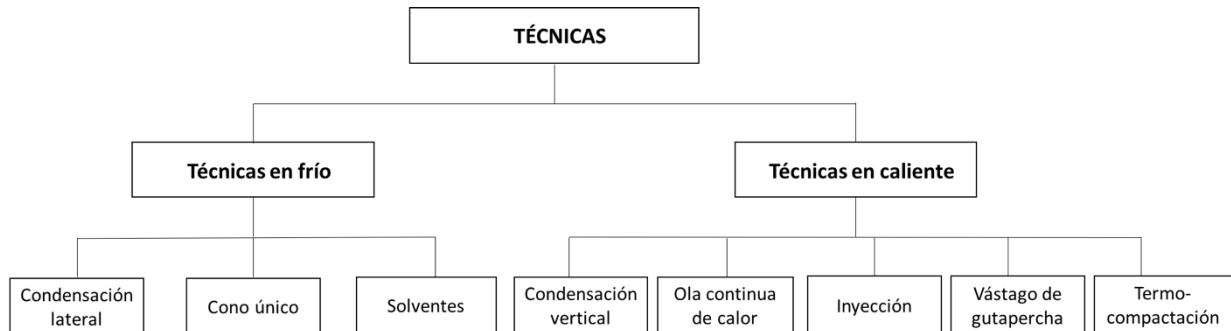


Figura 4. Clasificación de las técnicas de obturación

4.1 Técnicas en frío

4.1.1 Condensación lateral en frío

Es la técnica más empleada (5) y la que se suele emplear como método estándar para compararla con otras técnicas. Consiste en introducir un cono de gutapercha adaptado al calibre final del conducto con cemento sellador hasta la longitud de trabajo confirmando que hay ajuste a nivel apical (*tug-back*). Después se introducen varias puntas accesorias en el espacio creado por el espaciador digital hasta que el conducto queda totalmente obturado (7).

Sus ventajas son la facilidad de uso, tiene bajo coste, predictibilidad y excelente control apical del material de obturación (5). Por otro lado, es una técnica en la que se emplea gran cantidad de cemento sellador especialmente en la porción apical (10). Sin embargo, pueden quedar huecos, sobre todo a nivel apical cuando los conductos están insuficientemente preparados o son muy curvos, al realizar una presión lateral inadecuada durante la condensación ya que no se consigue una masa homogénea (23,63). Además, si se aplica mucha presión al utilizar el espaciador se pueden producir fracturas verticales radiculares (5).

Aunque son numerosos los estudios de laboratorio que muestran una obturación menos homogénea que las técnicas termoplásticas (64), hay trabajos publicados que no han encontrado diferencias, como el del grupo de Olczak publicado en 2017, utilizando un test de

penetración de glucosa (65). Incluso se ha encontrado un mejor sellado mediante técnica de condensación lateral en frío que con técnicas que utilizan calor. Así, un reciente trabajo publicado en dientes obtenidos mediante impresión a partir de un molar con una configuración en “C”, mostró un mejor sellado apical con técnica lateral en frío que la ola continua de Buchanan (66).

Por otro lado, los estudios clínicos no han encontrado que las técnicas termoplásticas aumenten el éxito de los tratamientos de conductos (63). Como excepción tenemos los trabajos de Farzaneh (67,68), donde encuentran un mayor porcentaje de curación de casos con lesiones periapicales cuando se realizaba una técnica de condensación vertical. Sin embargo, los autores del citado estudio sugieren tomar estas diferencias con cautela, pues el estudio no fue diseñado para estudiar las diferencias entre ambas técnicas.

4.1.2 Técnica de cono único

Aunque esta técnica se desarrolló en los años 80, en los últimos años ha vuelto a tener protagonismo por los nuevos sistemas de instrumentación mecánica rotatoria (24,69). Se emplea un cono de mayor tamaño para que se adapte al conducto con precisión (47). Las fuerzas hidráulicas laterales más eficaces se obtienen cuando el cono de gutapercha se ajusta firmemente a nivel apical y a la forma del conducto sin encajarse en ninguna parte a lo largo del cono (70).

La simplicidad del proceso es la principal ventaja de esta forma de obturación. Además, requiere de un tiempo de procedimiento corto y tiene bajo coste (69). Sin embargo, algunos autores no recomiendan esta técnica porque no proporciona una barrera tridimensional al depender a menudo del sellador (7,47) por la presencia de poros y la posible contracción y disolución del material como observaron en un estudio reciente realizado en conductos mesiales de molares inferiores, en el que se obtuvo un porcentaje de porosidad menor cuando se utilizaba la técnica de la ola continua que cuando se empleaba la técnica en frío con cono único (69).

4.2 Técnicas con calor

4.2.1 Técnica de la condensación vertical

Esta técnica la introdujo Schilder en 1967 (4) como alternativa a la condensación lateral en frío. Su objetivo era lograr a partir de la compactación de la gutapercha termoplástica una adaptación completa a las variaciones anatómicas del conducto (52). Hace posible que se mejore el relleno tridimensional obturando la anatomía accesoria a nivel apical, reabsorciones... (7) y de este modo que haya un menor riesgo de formación de huecos (8).

Al comienzo de emplear esta técnica Schilder utilizaba unos espaciadores manuales que él denominaba “transportadores de calor” que se calentaban a la llama de un mechero Bunsen. Otras alternativas que han surgido son The Touch 'n Heat® (SybronEndo), DownPak® (Hufriedy) y System B® (SybronEndo) que permiten un mejor control de la temperatura (71).

En primer lugar, se compacta el cono de gutapercha a nivel apical (*down-packing*). Para ello se selecciona y ajusta un cono maestro no estandarizado que quede trabado a 0.5-2 mm de la longitud de trabajo y que haya *tug-back* al retirarlo. Después, se vuelve a introducir junto con el cemento sellador y la parte coronal se elimina con la ayuda de un instrumento caliente. El tercio apical se obtura calentando y compactando el cono maestro desde coronal hacia apical en distintas oleadas hasta conseguir 4-5 mm de gutapercha a ese nivel. Para obturar los tercios medio y coronal (*back-packing* o *backfill*) se añaden segmentos de gutapercha reblandecida y se compactan desde apical hacia coronal con la ayuda de un atacador. Su mayor inconveniente era la gran curva de aprendizaje y tiempo que requería (23).

4.2.2 Técnica de la ola continua de calor o técnica de System B

La propuso Buchanan en 1987 (72) como una variación de la técnica de condensación vertical. Consiste en realizar la obturación a nivel apical, realizando un solo movimiento continuo a través de un *plugger* calentado a una temperatura determinada en vez de calentar y compactar la gutapercha a través de tres, cuatro o cinco olas de condensación interrumpidas como ocurre en la técnica de condensación vertical.

En esta técnica se utilizan unos *pluggers* con varias conicidades y diámetros (30/.04, 40/.06, 50/.08, 60/.10 y 70/.12) (Figura 5) fabricados en acero inoxidable y los distintos metales que hay en la punta actúan como un termistor (un sensor de temperatura por resistencia) y controlan la fuente de calor. Las conicidades de los *pluggers* se pueden correlacionar con las puntas de gutapercha utilizadas.



Figura 5. Pluggers de System B (SybronEndo)

También se utilizan unos atacadores para condensar el material tanto en la entrada del conducto como sobre la gutapercha que sella el tercio apical (*down-pack*). Cada uno tiene dos extremos, un extremo rígido de acero inoxidable para trabajar a nivel de la entrada y el otro de Ni-Ti para que dentro del conducto condense la masa apical del material de relleno después de que se retira el *plugger*. Dependiendo de la casa comercial podemos encontrar instrumentos disponibles en varios tamaños. Así, SybronEndo tiene tres instrumentos (Figura 6), con dos extremos cada uno, el de mayor diámetro está fabricado con acero inoxidable y el más fino con Ni-Ti: el #0 (diámetros de 0.2 mm y 0.75 mm), el #1 (diámetros de 0.4 mm y 0.9 mm) y el #2 (diámetros de 0.7 mm y 1.3 mm) (73).



Figura 6. Atacadores manuales de tamaños #0, #1 y #2 (SybronEndo)

La técnica consta de dos fases (74):

En primer lugar, se realiza el **down-packing** o la obturación del tercio apical (Figura 7). Se coloca el cono maestro a longitud de trabajo, utilizando un cono único de conicidad aumentada o con un cono maestro de conicidad .02 y realizando la condensación lateral en frío. A continuación, se introduce el número de *plugger* que más corresponda al conducto, evitando que alcance la zona de encaje ya que si llega el instrumento a ese punto las fuerzas hidráulicas sobre la gutapercha disminuirán y aumentarán sobre la raíz por lo que debemos asegurarnos de que quede a 1 mm como mínimo del punto de encaje. Aunque Buchanan determinó que la profundidad máxima a la que debía llegar el *plugger* era a 5-7 mm de la longitud de trabajo, algunos autores sugieren que se obtendría una mejor replicación del conducto radicular si se introduce a 3 mm de la longitud de trabajo establecida (21,52,75-77), aunque no se debe de utilizar de forma generalizada ya que en algunos conductos estrechos o curvos no estaría indicado llegar hasta esa profundidad (21).

Con el System B activado a una temperatura de 200º, no más de 4 segundos, se introduce hasta la longitud marcada y se mantiene inactivado aplicando presión durante 8-10 segundos para evitar la contracción de la gutapercha hasta que se enfría. Se vuelve a activar durante 1 segundo (*llamada de separación*) para retirar la gutapercha que está en el tercio medio y coronal y se ataca manualmente la gutapercha que permanece en el tercio apical.

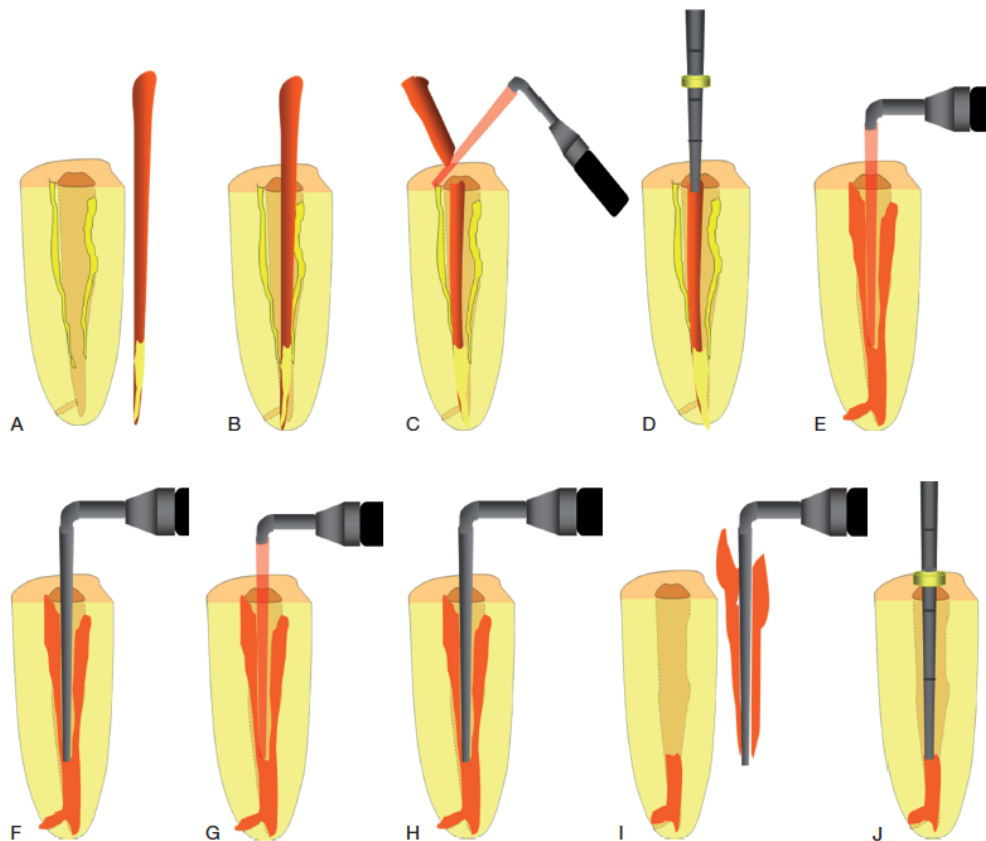


Figura 7. Técnica de la ola continua de condensación (*downpack*) (74)

A continuación, se realiza el **back-filling** para obturar el tercio medio y coronal. Se puede realizar de dos formas principalmente: una de ellas sería utilizar la técnica de inyección, realizando incrementos de 4 mm y condensándolos con un atacador manual hasta que se enfría. También se puede realizar el *backfill* realizando otra ola de calor con otro cono maestro cortándole los milímetros apicales que corresponden a la porción de conducto ya obturado y se introduce con cemento sellador, comprobándose que llegue hasta la zona de gutapercha obturada previamente. Se introduce el *plugger* (a 100°C) para crear un espacio en la gutapercha e introducir una o dos puntas accesorias (78).

En general, es una técnica que ofrece un buen control a nivel apical, pero es frecuente que se produzca extrusión de material al periápice. Sin embargo, estas extrusiones se ha encontrado que corresponden a sellador más que a gutapercha (79).

A pesar de que hay numerosos trabajos que encuentran que la técnica de la ola continua de condensación producía un mayor relleno del sistema de conductos que la técnica de condensación lateral en frío (80), otros no han encontrado diferencias estadísticamente significativas entre ambas técnicas (81).

4.2.3 Gutapercha inyectada con jeringa

Yee diseñó el primer aparato que utilizaba esta técnica en 1977 (82). La gutapercha termoplastificada se administra a alta o baja temperatura con la ayuda de una cánula. No se utiliza un cono maestro y se ha demostrado que reproduce la anatomía del conducto radicular mejor que la condensación lateral convencional (83).

La gutapercha, según el aparato que se utilice, está disponible en forma de barras o en cánulas. También se puede elegir su consistencia en función del caso: la forma fluida estará más indicada en conductos estrechos o con forma de 'C' y la gutapercha más consistente dará mejores resultados en conductos anchos o reabsorciones internas de tamaño más considerable. Se administran a través de pistolas o piezas de mano que muchas veces se pueden regular para elegir la velocidad a la que deseamos inyectar el material. Las cánulas o puntas aplicadoras de estos sistemas tienen distintos calibres: el tamaño 20G equivale a un calibre apical de lima de 90, el tamaño 23G a un calibre 60 y el tamaño 25G a un calibre 25 (74).

Los sistemas más conocidos son Obtura II® (SybronEndo), Ultrafil 3D®, la pieza de mano Extruder de la unidad de obturación Elements® (SybronEndo), Calamus Dual® (Maillefer) y BeeFill Pack 2 en 1® (VDW).

La técnica, en términos generales, es la siguiente (74):

Si se va a obturar todo el conducto con esta técnica sin una barrera de MTA o de gutapercha con System B es necesario que haya un stop apical muy fiable o que el foramen no haya podido ser permeabilizado. El diámetro apical debería de ser al menos de 0,4 mm y la aguja de inyección no debería estar a más de 5 mm del final del conducto (84). En diámetros inferiores al recomendado anteriormente podemos tener problemas para sellar correctamente los milímetros más apicales.

En cambio, si el tercio apical ya está obturado se realizará el *backfill* introduciendo la cánula de inyección manteniéndola en contacto con la gutapercha compactada a nivel a apical durante 5 segundos para que la superficie se plastifique ligeramente y se una con la gutapercha inyectada. Después, se inyecta la gutapercha en fragmentos de 5 mm como máximo y se compacta cada incremento con ayuda del atacador. Se repetirá el proceso hasta que queda obturada la porción coronal (Figura 8).

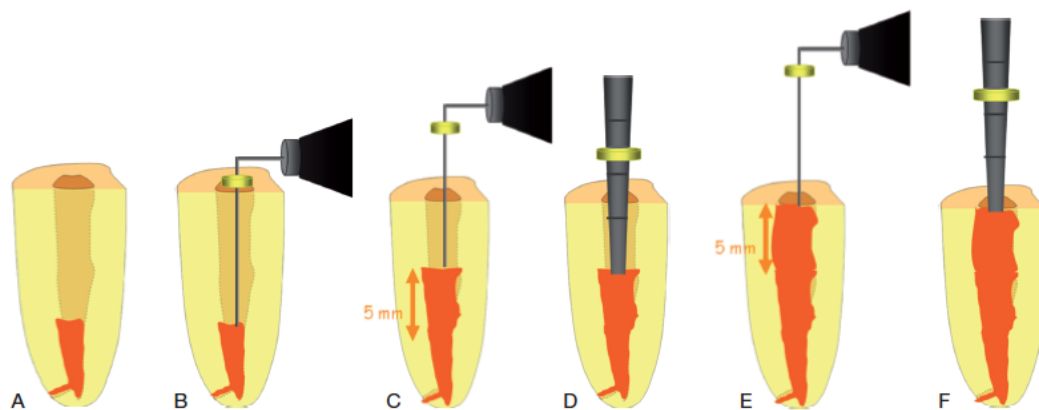


Figura 8. Técnica de inyección (74)

Esta técnica tiene unas ventajas similares a las de la compactación vertical caliente, es útil para obturar conductos anchos e irregulares, reabsorciones internas y conductos tratados previamente con una barrera de MTA. Por otro lado, puede ser una técnica que resulte más fácil dejar espacios vacíos o burbujas, siendo además necesario utilizar atacadores para evitar

la contracción de la gutapercha (85) y hay riesgo de extrusión a nivel apical incluso cuando hay un stop apical adecuado (83).

4.2.3 Técnica del vástago transportador de gutapercha

Esta técnica la describió Johnson en 1978. Constan de un núcleo que está recubierto por gutapercha. Al principio este núcleo era de metal y en la actualidad los que se comercializan son de plástico muy flexible que está recubierto por gutapercha tipo α (74).

Después de la preparación del conducto se selecciona el tamaño del obturador con la ayuda de unos verificadores que tienen un calibre apical idéntico al vástago del obturador que representan. Ese obturador se calienta en un horno para reblandecer la gutapercha y se introduce en el conducto en el que se ha colocado previamente cemento sellador sin que haya un exceso en apical para evitar la extrusión. A continuación, se retira la parte coronal del obturador y se compacta a ese nivel la gutapercha con un atacador (7). Esta técnica tiene un mal control apical (86), por lo que para evitar la extrusión de material de obturación al periápice se recomienda que la velocidad de inserción sea baja, de 3 mm/s aproximadamente (87), así como eliminar todo el exceso de sellador mediante puntas de papel antes de introducir el obturador.

Los sistemas más conocidos que emplean esta técnica son Thermafil® (Dentsply-Maillefer) y Soft Core® (Kerr Sybron). En los últimos años, para facilitar su remoción durante el retratamiento de conductos se ha sustituido el vástago de plástico por uno de gutapercha. Así nacen GuttaCore® (Dentsply-Maillefer) y GuttaFusion® (VDW), denominaciones distintas según la casa comercial para un mismo obturador. Además, hay obturadores que se corresponden al sistema de instrumentación utilizado como ProTaper®, Reciproc®, WaveOne®...

Las ventajas son que se puede conseguir una obturación adecuada en un corto tiempo y de manera sencilla (88), similar a la conseguida por la técnica de ola continua (89) o incluso superior (90). La adaptación a las paredes es excelente, consiguiéndose el menor espesor de cemento comparándolo con otras técnicas, como la condensación lateral y el uso del System B (90,91). Por otro lado, genera menor fuerza sobre las paredes del conducto que la condensación vertical o lateral (92) pues no hay que introducir condensadores o espaciadores en el conducto.

Está recomendada en conductos con un buen *stop* apical y puede ser muy útil en conductos largos, estrechos y curvos ya que en esas zonas es más difícil que llegue el espaciador o un transportador de calor y en casos que se hayan instrumentado de forma mecánica para conseguir la conicidad adecuada que el sistema requiere. No se aconseja su uso en ápices abiertos por el riesgo de extrusión, aquellas situaciones en las que no tengamos buen acceso a las entradas de los conductos y en reabsorciones internas por el riesgo de que queden espacios vacíos (93).

4.2.4 Compactación termo-mecánica o termo-compactación

La compactación termo-mecánica es una técnica introducida por Mc Spadden en 1980 (94). En esta técnica se plastifica la gutapercha por el calor que se genera al friccionar el compactador termomecánico al mismo tiempo que ejerce presión lateral y apical. Se utilizan instrumentos denominados compactadores que son similares a la lima Hedstroem, aunque con las espiras invertidas, están fabricadas en acero inoxidable o níquel-titanio y los calibres oscilan entre 25 y 80 (74).

Algunos ejemplos son Guttacondensor® (Dentsply-Maillefer), Engine-Pluggers® (Zipperer) y PacMac® (SybronEndo).

Se coloca el cono principal junto a cemento sellador y se introduce el compactador rotando a baja velocidad (8000 a 15000 rpm) en sentido horario, hasta 3-4 mm del límite apical del conducto de modo que la gutapercha se plastifica y compacta en el conducto hacia apical y se ataca de forma manual sobre la superficie de la gutapercha. Era una técnica fácil y rápida de realizar, capaz de llenar irregularidades y conductos laterales (94), obteniéndose muy buenos resultados (95), pero la principal desventaja que presentaba era que podía tener complicaciones como fracturas del instrumento, extrusiones o rellenos mal compactados.

Posteriormente Tagger en 1984 hizo una modificación denominándola *técnica híbrida* para que fuese más fiable y consistía en utilizar la técnica de termo-compactación después de haber realizado la compactación lateral de la parte apical del conducto, aunque sigue teniendo como desventaja el exceso de calor que puede generar (96).

II. JUSTIFICACIÓN

La fase de obturación es una de las claves de un buen tratamiento de conductos. Los objetivos principales son conseguir un sellado tridimensional del sistema de conductos radiculares y no lesionar el periodonto.

Aunque el sellador juega un papel fundamental en la obturación, conseguir la mayor posible proporción de gutapercha con el mínimo espesor de película de cemento ha dado lugar al surgimiento de muchas técnicas de obturación encaminadas a conseguirlo. Cuando el conducto radicular tiene irregularidades anatómicas, es más complicado que éstas se obturen con la mayor cantidad posible de gutapercha. Entre todas las técnicas están los sistemas de inyección y la técnica de la ola continua de Buchanan o técnica del System B.

Para el sellado del tercio apical se utiliza la técnica de la ola continua (Figura 9), mientras que para el resto del conducto se puede colocar un segundo cono y realizar una segunda ola de calor, o bien obturar estos dos tercios restantes mediante inyección termoplástica (78).

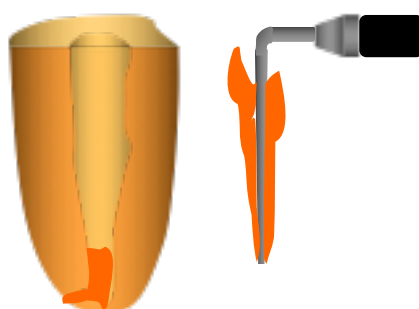


Figura 9. La gutapercha del 1/3 medio y coronal sale adherida a la punta del System B. Para el *backfill* podemos:

A) Introducir otro **cono maestro** cortando los mismos mm apicales que ya tengamos condensados. Introducir activado un transportador e calor de mayor calibre, a 100°-150°, no más de 4 segundos, a 2mm menos que el nivel obturado y en lugar de realizar llamarada de separación, rotar la punta del System B creando impresión; seguiremos pasos de figura 10.

B) Utilizar un sistema de **inyección**

En ocasiones, cuando realizamos el sellado del tercio apical, el transportador de calor o *plugger* sale completamente libre de gutapercha, pues no arrastra la que ocupa el tercio medio y apical (Figura 10). Esto puede ocurrir por no haberse realizado la llamarada de separación antes de extraer el *plugger*, o bien porque el conducto tiene una anatomía irregular que retiene la gutapercha en las paredes. Llegado a este punto podemos retirarla con diversos

procedimientos, o bien como señala Buchanan (73), podemos introducir un cono de la misma conicidad y calibre que el *plugger* utilizado.

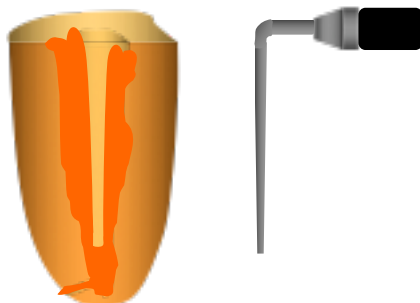


Figura 10. En el caso de que la gutapercha del tercio medio y coronal no salga adherida a la punta del System B podemos obturar el espacio dejado por la punta de System B mediante un cono impregnado en cemento sellador del mismo calibre y conicidad que la punta del System B que ha dejado el espacio dentro de la gutapercha condensada.

Se han publicado trabajos que comparan la obturación del tercio medio y coronal con inyección y condensación lateral en caliente, o bien con la colocación de un segundo cono y realizando una segunda ola a menor temperatura (100º) (11,93). Pero aún no hemos encontrado una comparación con la obturación del hueco dejado por la primera ola a 200º y la inyección termoplástica.

Por otra parte, es importante señalar la importancia que tiene el sellado del conducto a nivel coronal. Este será la única barrera protectora cuando se deteriora el sellado de la restauración a nivel de la corona del diente, pudiendo contribuir a evitar la filtración de microorganismos que pueden llegar a los tejidos periapicales. Además, el interés que suscita este tipo de estudios radica no solo en sellar lo mejor posible el sistema de conductos, sino en que las técnicas utilizadas ejerzan la menor cantidad e intensidad de fuerzas sobre las paredes del conducto, minimizando así la posible aparición de fisuras o fracturas radiculares en un futuro. Así, para realizar una buena obturación mediante inyección termoplástica es necesario realizar mediante atacado manual una minuciosa compactación del material. Ello conlleva una mayor utilización de este instrumento dentro del conducto que si realizáramos el sellado del resto del conducto sin retirar la gutapercha del tercio medio y coronal, y colocando un cono similar al *plugger* en el hueco creado. Además, no debemos obviar la disminución de la aparatología necesaria que ello conlleva también, así como el tiempo empleado. En definitiva, la realización

de toda la obturación del conducto con una sola ola de calor, o dos si se estimara necesario, simplificaría el tratamiento.

Con el fin de determinar qué influencia tiene la uniformidad de la conicidad de la gutapercha y su composición, se ha incluido en el presente estudio tanto conos de conicidad no uniforme como uniforme, y con mayor o menor componente orgánico en detrimento del óxido de cinc.

III. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H0): No existen diferencias estadísticamente significativas entre la técnica de inyección y la técnica de la ola continua de Buchanan para obturar irregularidades anatómicas (conductos laterales, reabsorciones e istmo) localizadas en el tercio medio y en el tercio coronal.

OBJETIVOS

Principal:

1. Comparar la capacidad de obturación de distintas irregularidades anatómicas entre la técnica de inyección y la técnica de la ola continua realizando una y dos olas de condensación a nivel del tercio coronal y del tercio medio del conducto radicular.

Secundarios:

1. Determinar si hay diferencias entre los sistemas de inyección BeeFill® y Extruder® para obturar distintas irregularidades anatómicas a nivel del tercio coronal y del tercio medio del conducto radicular.
2. Evaluar si hay diferencias al obturar distintas irregularidades anatómicas a nivel del tercio coronal y del tercio medio del conducto radicular entre realizar la técnica de Buchanan con una ola de condensación y dos olas de condensación.
3. Determinar si hay diferencias entre las distintas marcas comerciales de gutapercha (ProTaper® Gold, Autofit® y Dentsply-Maillefer®) para obturar distintas irregularidades anatómicas cuando se realiza la técnica de la ola continua con una y dos olas de condensación a nivel del tercio coronal y del tercio medio del conducto radicular.

IV. MATERIAL Y MÉTODO

El presente estudio se ha llevado a cabo en el Departamento de Odontología Conservadora de la Facultad de Odontología de la Universidad Complutense de Madrid, tanto en el laboratorio como las instalaciones del Máster de Endodoncia. A continuación, se especificará el material y el método utilizado.

1. MATERIAL

1.1 Selección de la muestra

Se ha seleccionado un diente extraído por motivos diferentes al estudio que cumpla los siguientes criterios de inclusión y de exclusión (Tabla 3):

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none">- Diente unirradicular- Presencia de un conducto recto	<ul style="list-style-type: none">- Tratamiento endodóntico- Conducto no permeable (calcificado)- Caries radicular- Fractura radicular- Reabsorciones radiculares- Ápice abierto

Tabla 3. Criterios de inclusión y exclusión

1.2 Preparación de la muestra

Después de aplicar los criterios de inclusión y exclusión se escogió un incisivo central superior izquierdo (Figuras 11, 12). Se limpió la superficie radicular de restos de tejido periodontal con ultrasonidos y fue almacenado en un medio húmedo con suero salino hasta el momento de su uso.



Figura 11. Diente escogido

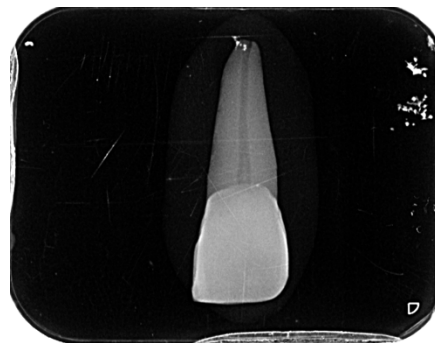


Figura 12. Radiografía

1.3 Materiales empleados

- 1 diente extraído
- Resina autopolimerizable para confección de placas de ortodoncia Techno Sin (Protechno, Gerona, España)
- Recortadora de escayola Mestra® (Talleres Mestraitua, Bilbao, España)
- Silicona de condensación Zetalabor® (Zhermack, Roma, Italia)
- Sistema de obturación BeeFill® (VDW, Múnich, Alemania)
- Unidad de obturación Elements® (SybronEndo, Orange, California, USA).
- Microscopio estereoscópico Leica 541 (Leica Microsystems, Alemania)
- Regla milimetrada Leica para medir con microscopio (Leica Microsystems, Alemania)
- Cortadora Exakt® cutting unit 400C (Exakt, Alemania)
- Olla a presión Mestra® (Mestra, España)
- Baño de agua (Super)
- Taladro Bosch® CSB800-2RLE (Bosch, España)
- Motor de endodoncia X-Smart® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Fresa diamante 850.314.018 (Komet Dental, Lemgo, Alemania)
- Fresa LN 006 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Pinza acodada (Carl Martin, Solingen, Alemania)
- Limas K-FlexoFile® (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Limas rotatorias ProTaper® Gold (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Hipoclorito de sodio (5,25%)
- Gutapercha Autofit® .06 (SybronEndo, Orange, California, USA)
- Gutapercha Dentsply-Maillefer® .06 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Gutapercha ProTaper® Gold F4 (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Guillotina/calibrador de gutapercha (SybronEndo, Orange, California, USA)
- Gutapercha en cartuchos con cánula de inyección 23G Extruder® (SybronEndo, Orange, California, USA)
- Gutapercha en cartuchos con cánula de inyección 23G BeeFill® (VDW, Múnich, Alemania)
- Atacador manual de Buchanan número 1 (SybronEndo, Orange, California, USA)
- *Plugger* System B Fine .06 (SybronEndo, Orange, California, USA)
- Regla milimetrada Maillefer (Dentsply-Maillefer, Ballaigues, Suiza)
- Contra-ángulo EXPERTmatic E20C (KaVo Dental SL, Madrid, España)
- Cámara Canon EOS 750D (Canon, Tokio, Japón) con objetivo macro Tamron de 90 mm
- Analizador de imagen *ImageJ* versión 1.51h (National Institutes of Health, USA)
- Programa estadístico SPSS 22.0 (IBM, Nueva York, Estados Unidos)

2. MÉTODO

2.1 Preparación del modelo *split-tooth*

Se realizó un modelo *split-tooth* siguiendo el modelo descrito en la literatura (97). Este modelo consiste en un diente introducido en un bloque de resina, que es cortado longitudinalmente de modo que una vez instrumentado, permite obturarlo cuantas veces sea necesario separando las dos mitades y extrayendo cada vez la masa de gutapercha para su posterior estudio.

En primer lugar, construimos un molde cuadrado de silicona (2,7 x 2,7 x 2,4 cm) para verter la resina autopolimerizable. Se procedió a mezclar el polvo y el líquido de la resina siguiendo las instrucciones del fabricante hasta conseguir una masa homogénea y se vertió sobre el molde de silicona. Para colocar el diente en posición recta y centrada se sujetó la corona con una banda de silicona y con ayuda de un nivelador (Figura 13) se comprobó que estaba recto tanto a nivel horizontal como vertical y se embebió hasta la línea amelocementaria (Figura 14).

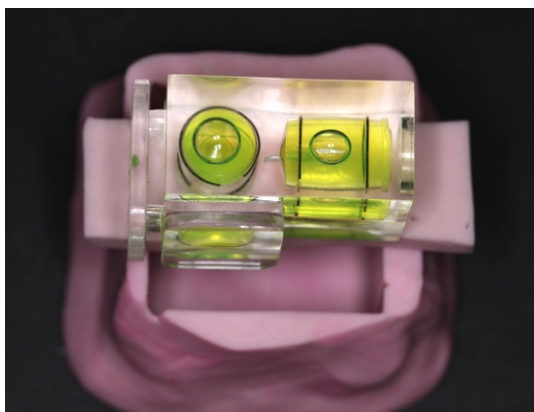


Figura 13. Comprobación con el nivelador



Figura 14. Colocación del diente en la resina

A continuación, se introdujo el molde en una olla a presión Mestra® a 2 atmósferas durante 10 minutos para que fraguase la resina (Figuras 15-17). Con una fresa de tallado de diamante 850.314.018 se cortó la corona en la unión amelocementaria y se procedió a pulir la cara superior del bloque en una recortadora de escayola con el fin de obtener una superficie lo más plana y lisa posible.



Figura 15. Introducción del molde en el agua

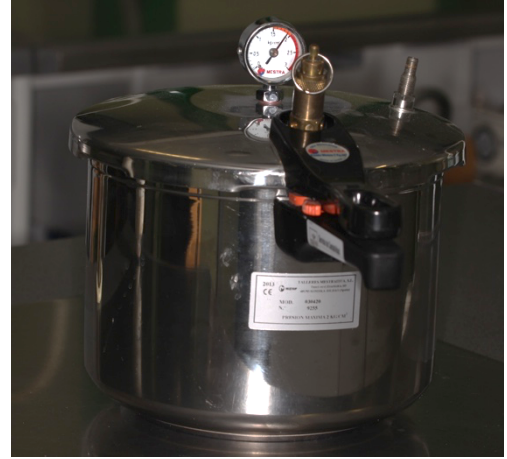


Figura 16. Olla a 2 atm de presión durante 10 minutos

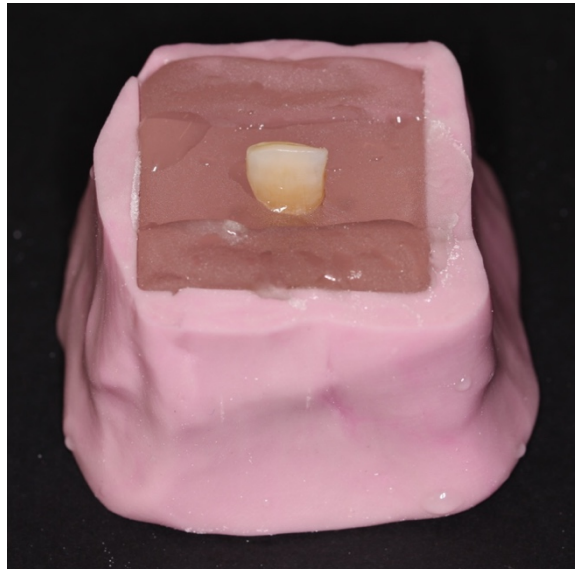


Figura 17. Resina fraguada hasta el límite amelocementario

Sobre el bloque de metacrilato se prepararon cuatro orificios, dos en el lado mesial y dos en el lado distal de la raíz y perpendiculares al eje mayor del diente con un taladro Bosch® CSB800-2RLE hasta una broca del número 4.

Con la cortadora Exakt® (Figura 18) se realizó un corte del bloque de metacrilato pasando por el centro de la raíz en sentido mesio-distal, obteniendo dos partes, una con la superficie vestibular (Figura 19) y otra con la superficie palatina (Figura 20) del diente. Las dos partes podían aproximarse de nuevo al introducir cuatro tornillos con sus correspondientes tuercas para asegurar su correcta posición (97).



Figura 18. Cortadora Exakt®

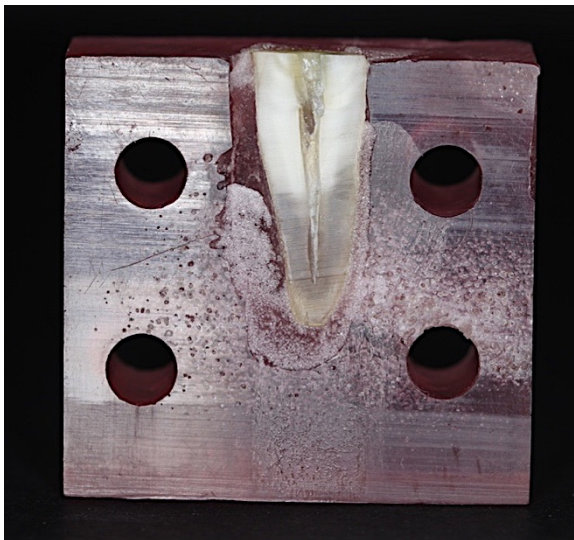


Figura 19. Lado vestibular

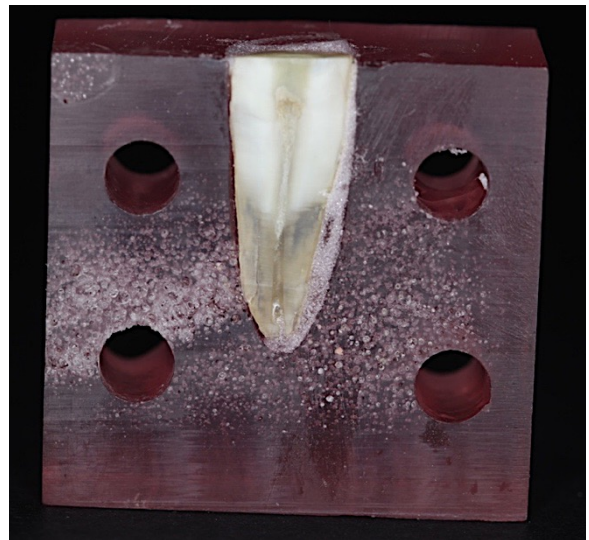


Figura 20. Lado palatino

2.1.1 Instrumentación del conducto

Una vez cortado el diente, sobre una de las paredes se estableció la longitud de trabajo quedándonos a 0,5 mm del ápice, siendo la longitud de trabajo 16 mm y se volvió a cerrar para comenzar a instrumentar el conducto (Figura 21).

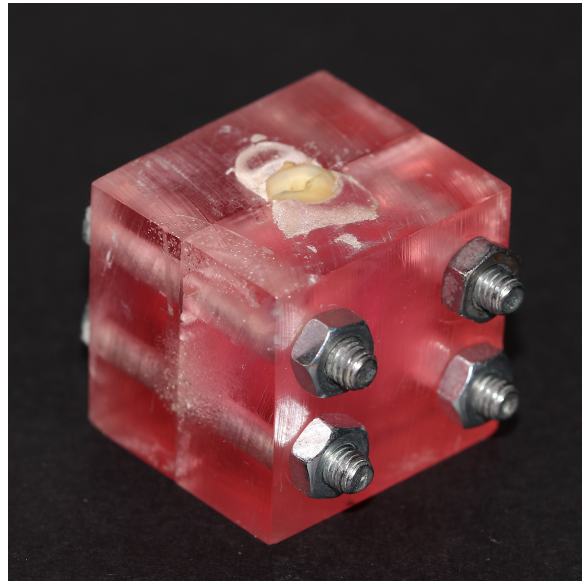


Figura 21. Modelo *split-tooth* cerrado

Se comenzó permeabilizando el conducto con limas finas K-FlexoFile® y se realizó un Glide Path hasta la lima K20. Se utilizó el sistema de instrumentación rotatoria ProTaper® Gold (Figura 22) siguiendo la secuencia que indica el fabricante con el motor de endodoncia X-Smart®. En primer lugar, se utilizó la lima Sx para preparar la zona más coronal del conducto y se utilizaron las siguientes limas de conformación (S1 y S2) hasta longitud de trabajo. Para ensanchar la zona apical se utilizaron las limas de finalización F1, F2, F3 y F4. Por último, se comprobó con una lima manual de calibre 40 que había *stop* apical y que llegaba pasivamente a longitud de trabajo. Durante la preparación mecánica se irrigó con hipoclorito de sodio al 5,25% entre limas. Se abrió el modelo para comprobar que la preparación del conducto había sido igual en los dos lados y se dio por finalizada la instrumentación del conducto, con un calibre 40 y una conicidad de .06 en los 3 milímetros apicales (Figuras 23, 24).

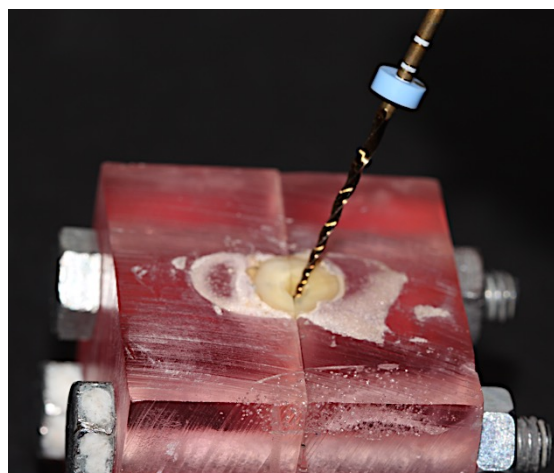


Figura 22. Instrumentación del conducto con limas ProTaper® Gold

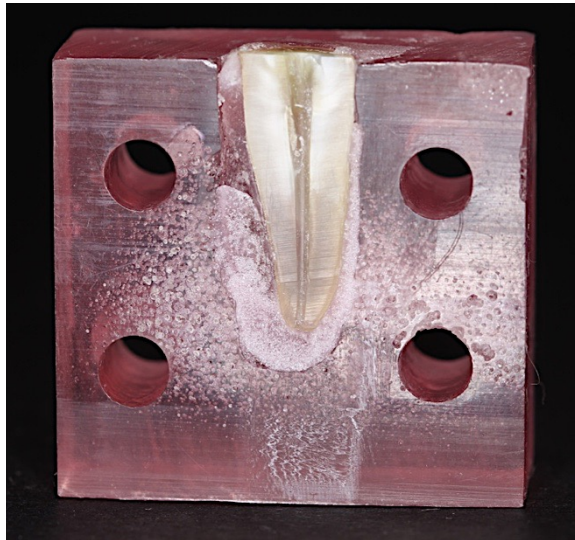


Figura 23. Lado vestibular instrumentado



Figura 24. Lado palatino instrumentado

2.1.2 Preparación de la anatomía

Elegimos uno de los dos lados del modelo, el vestibular, para realizar las irregularidades que queremos estudiar. Para ello, dividimos la raíz en tres tercios para facilitar la distribución de la anatomía en los dos tercios superiores. Establecimos que el tercio coronal y medio midiesen 6 mm cada uno y el tercio apical 4 mm.

Se prepararon dos tipos de irregularidades en los dos tercios:

- **Conductos laterales:** se realizaron en las paredes del diente con la cortadora Exakt® (Figura 25). Esta cortadora tiene una hoja con un grosor de 0,2 mm, por tanto, ese fue el diámetro del conducto lateral y con una profundidad de 0,5 mm. En total se realizaron 8 conductos laterales, 4 en cada tercio.
- **Reabsorciones:** bajo el microscopio estereoscópico Leica 541 a un aumento de x16 se realizaron sobre la pared del conducto con una fresa de carburo de tungsteno LN 006 (Figura 26). En total se prepararon 3 reabsorciones, una grande y dos pequeñas.

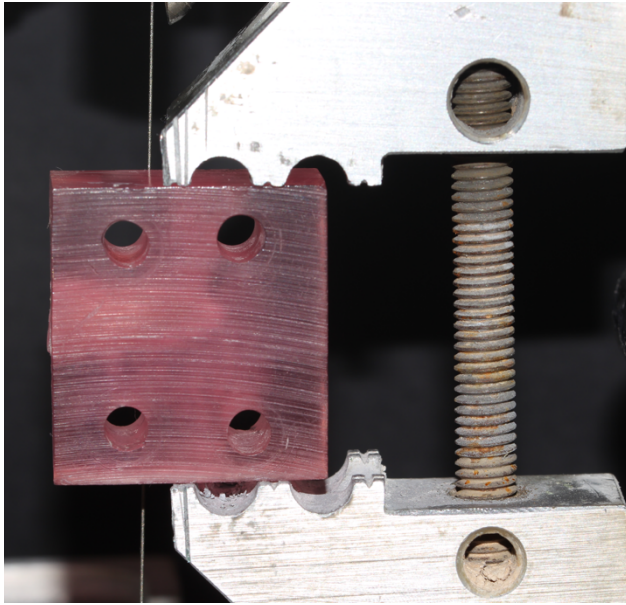


Figura 25. Preparación de los conductos laterales

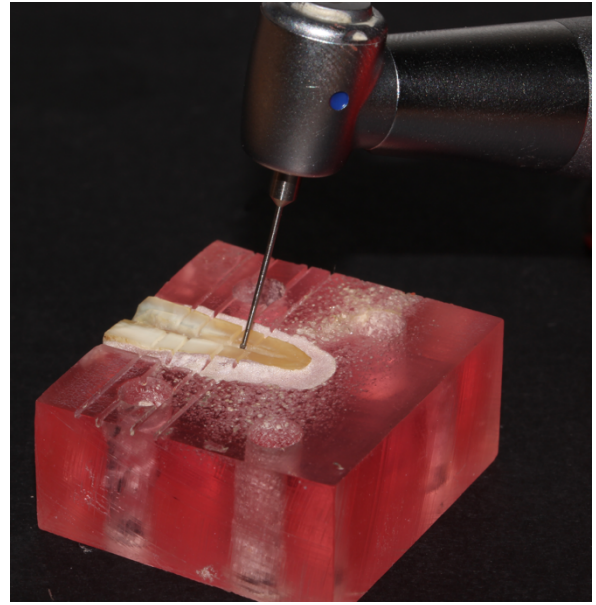


Figura 26. Preparación de las reabsorciones

La distribución quedó de la siguiente forma (Figuras 27, 28):

- **Tercio coronal** (Figura 29):
 - **Conductos laterales:** se situaron dos conductos laterales a 4 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 12) y dos conductos laterales a 6 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 10).
 - **Reabsorción grande:** a 1 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 15), con una longitud de 2,2 mm y una profundidad de 1 mm.
 - **Reabsorción pequeña:** a 5 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 11) y la profundidad fue la mitad de la cabeza de la fresa LN 006.
- **Tercio medio** (Figura 30):
 - **Conductos laterales:** se situaron dos conductos laterales a 9 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 7) y dos conductos laterales a 11 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo -5).
 - **Reabsorción pequeña:** a 10 mm de la entrada del conducto (longitud de trabajo - 6) y la profundidad fue la mitad de la cabeza de la fresa LN 006.

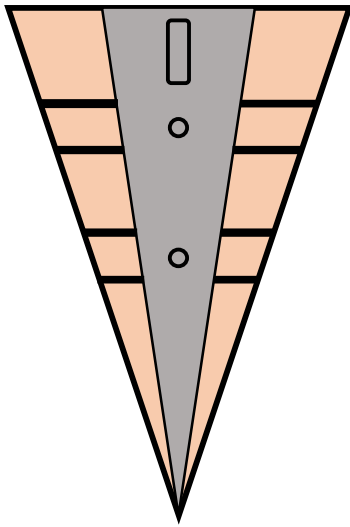


Figura 27. Esquema de la anatomía

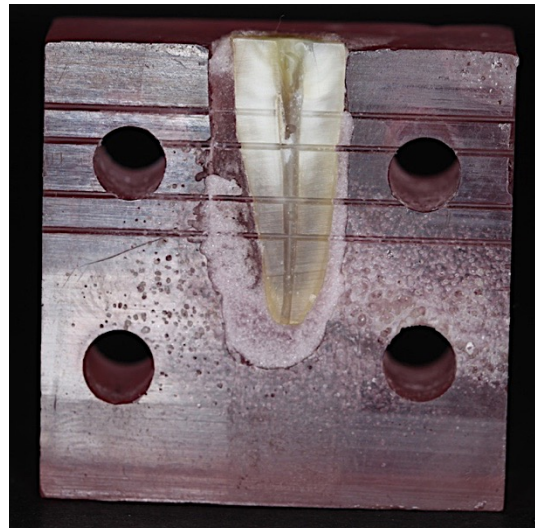


Figura 28. Anatomía



Figura 29. Anatomía tercio coronal

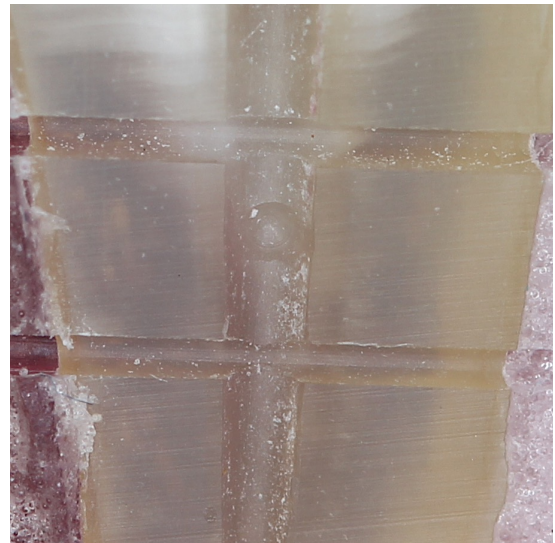


Figura 30. Anatomía tercio medio

Además, por las características que presenta el modelo *split-tooth*, ya que al estar partido deja una pequeña interfase entre las dos mitades que permite que fluya la gutapercha más allá del conducto y quede retenida consideramos que podía comportarse como un **istmo**, de modo que se escogió el espacio que hay en la pared del diente entre los conductos laterales (Figura 31), desde los conductos más coronales hasta los conductos más apicales situados en el tercio medio para calcular el área de extrusión de gutapercha que se puede producir al usar las dos técnicas termoplásticas.

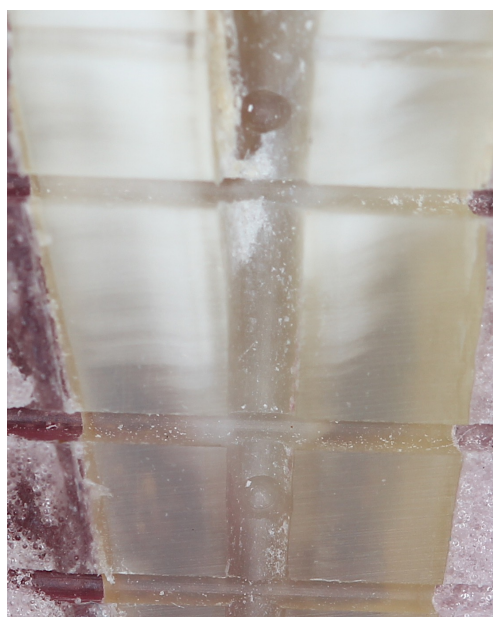


Figura 31. Espacio entre los conductos laterales

Por tanto, se estudiaron tres tipos de irregularidades en los tercios coronal y medio: conductos laterales (labrados por la cortadora), istmo (espacio existente entre las dos mitades del bloque) y reabsorciones internas (depresiones labradas por la fresa LN).

2.2 Obturación del modelo *split-tooth*

2.2.1 Asignación de los grupos de obturación

En total se establecieron 8 grupos de obturación en función de la técnica de obturación (técnica de ola continua, realizando 1 o 2 olas o inyección termoplástica) y el tipo de gutapercha empleado (según la conicidad: constante o variable y la fase cristalina: α o β) obteniendo un total de 80 muestras:

- Grupo 1 (n=10): obturación con inyección termoplástica utilizando el sistema BeeFill®.
- Grupo 2 (n=10): obturación con inyección termoplástica utilizando el sistema Extruder de la Unidad de Obturación Elements®.
- Grupo 3 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la Unidad de Obturación Elements® realizando 1 ola y con gutapercha β con conicidad .06 y calibre 40 Dentsply-Maillefer®.

- Grupo 4 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la Unidad de Obturación Elements® realizando 2 olas y con gutapercha β con conicidad .06 y calibre 40 Dentsply-Maillefer®.
- Grupo 5 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la unidad de obturación Elements® realizando 1 ola y con gutapercha α con conicidad .06 Autofit® SybronEndo.
- Grupo 6 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la Unidad de Obturación Elements® realizando 2 olas y con gutapercha α con conicidad .06 Autofit® SybronEndo.
- Grupo 7 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la Unidad de Obturación Elements® realizando 1 ola y con gutapercha α F4 de ProTaper® Gold.
- Grupo 8 (n=10): obturación con la técnica de ola continua de condensación con System B de la Unidad de Obturación Elements® realizando 2 olas y con gutapercha α F4 de ProTaper® Gold.

2.2.2 Técnicas de obturación

Al mantener el modelo en humedad, para obturar es necesario secarlo y evitar que la interfase que se puede crear produzca alguna burbuja o defecto en las muestras. No se utilizó cemento sellador durante la obturación de las muestras.

Una vez secado el conducto, el modelo se cierra apretando los cuatro tornillos y se introduce en un baño de agua (Figura 32). Este aparato consta de una rejilla en la parte superior donde se coloca el modelo y se llena con agua hasta que quedan cubiertos aproximadamente 2/3 del modelo *split-tooth*. Además, tiene un termostato para mantener una temperatura constante de $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y de este modo reproducir la temperatura que podemos encontrar dentro del conducto radicular.



Figura 32. Baño de agua

Antes de comenzar a obturar, se realizó un periodo de prueba para comprobar que la fuerza de compactación empleada durante la obturación era menor de 2 kg. Por último, se aleatorizó el orden de obturación de las muestras para evitar obturar las muestras de un mismo grupo de forma seguida y de esta forma al analizarlas fuese más difícil reconocer a qué grupo pertenecían, ya que el mismo operador se encargaba de realizar las obturaciones y de analizar las muestras.

2.2.2.1 Técnica de inyección termoplástica

Sistema BeeFill® (Figura 33):

Para obturar el conducto se escogieron las cánulas desechables 23G (calibre 0,60 mm) (Figura 34) a una temperatura de 180° C y una fluidez del 60%.



Figura 33. Sistema BeeFill® (VDW)

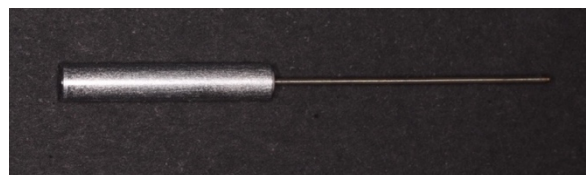


Figura 34. Cánula 23G de BeeFill®

Sistema Extruder® (Figura 35):

En el caso de la técnica de inyección con el sistema Extruder®, se utilizaron cánulas desechables 23G (calibre 0,60 mm) (Figura 36).



Figura 35. Unidad de obturación Elements® (SybronEndo)



Figura 36. Cánula 23G de Extruder®

La técnica fue la misma en los dos sistemas (Figura 37):

1. Elegimos un atacador manual que llegue a 3-5 mm de la longitud de trabajo. Para este conducto elegimos el atacador manual de Buchanan número 1 (Figura 37, A).
2. Colocamos un tope de goma en la cánula de inyección a menos 5 mm de la longitud de trabajo (Figura 37, B).
3. En todas las muestras se realizaron 4 incrementos de 3 mm cada uno. En la primera porción inyectamos 3 mm de gutapercha (Figura 37, C). Extraemos la cánula y condensamos manualmente con la parte de Ni-Ti del atacador de Buchanan, realizando en primer lugar un movimiento de picoteo y, una vez la gutapercha se va enfriando, se realizan movimientos más firmes con el atacador evitando ejercer presión en las paredes del conducto (Figura 37, D). Con ello conseguimos compensar la contracción que se produce en la gutapercha cuando se enfría.
4. Para realizar el siguiente incremento se toca con la cánula la superficie de la gutapercha compactada durante 5 segundos, con el fin de que se adhiera el material que se va a inyectar y realizamos de nuevo la compactación de la gutapercha (Figura 37, E).

5. Seguimos inyectando y compactando hasta haber realizado 4 incrementos de 3 mm cada uno (Figura 37, F,G). Compactamos la gutapercha que queda a nivel coronal con la parte de acero del atacador manual (Figura 37, H,I).

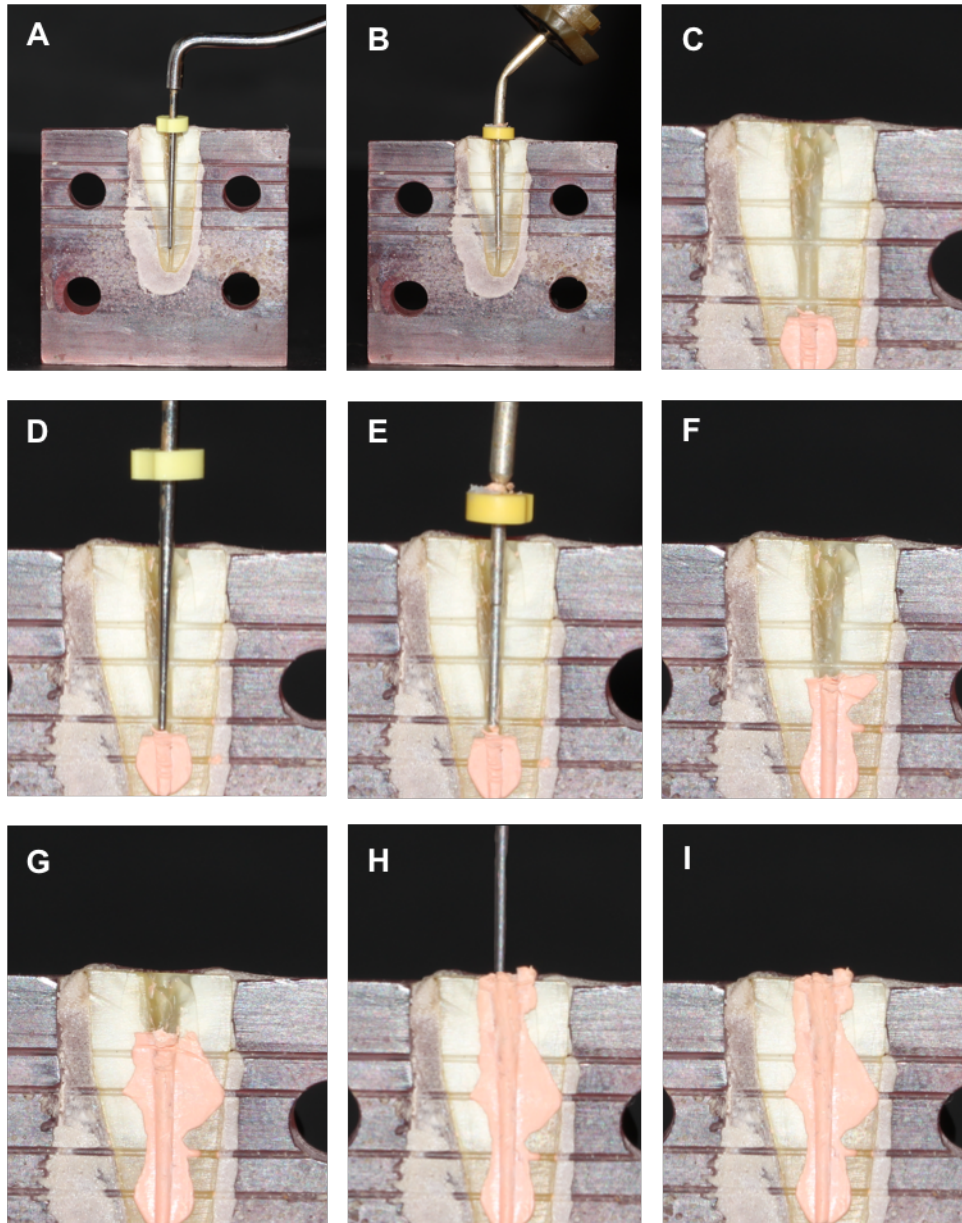


Figura 37. Técnica de inyección

2.2.2.2 Técnica de la ola continua de condensación

Para realizar esta técnica se utilizó el System B de la unidad de obturación Elements® (Figura 35). Se emplearon tres marcas comerciales de gutapercha: ProTaper® Gold F4 (Figuras 38, 39) Autofit® (Figuras 40, 41) y Dentsply-Maillefer® (Figuras 42, 43).



Figuras 38, 39. Gutapercha ProTaper® Gold F4



Figuras 40, 41. Gutapercha Autofit® .06



Figuras 42, 43. Gutapercha Dentsply-Maillefer® calibre 40 .06

Se siguió la siguiente sistemática en función de si realizábamos 1 o 2 olas (Figura 44):

1. Probamos que el cono maestro llega a longitud de trabajo y tiene *tug-back* a nivel apical (ligera resistencia en la zona apical al ser retirado) (Figura 44, A).
 - En el caso de la gutapercha Maillefer® con conicidad .06 y calibre 40, comprobamos con la guillotina/calibrador que correspondía a un calibre 40.
 - En el caso de la gutapercha Autofit® con conicidad .06, se cortó con la guillotina/calibrador a un calibre 40.
 - En el caso de la gutapercha F4 de ProTaper® Gold, se comprobó con la guillotina/calibrador que correspondía a un calibre 40.
2. Elegimos el transportador de calor o *plugger* del System B y el condensador manual de modo que lleguen a 3-4 mm de la preparación, sin tocar en exceso las paredes del conducto. Para este conducto elegimos el *plugger* Fine (conicidad .06 y calibre 40) y el atacador manual de Buchanan número 1 y comprobamos que el transportador queda a más de 1 mm del punto de encaje (Figura 44, B).
3. Colocamos el cono maestro, cortamos la gutapercha en la entrada del conducto con System B a 200°C y atacamos a nivel coronal con el extremo de acero (Figura 44, C,D).
4. Introducimos activado el *plugger* de System B a 200°C, no más de 4 segundos, hasta 3 mm de la longitud de trabajo. El último milímetro se realiza con el transportador desactivado (Figura 44, E).
5. Permanecemos a ese nivel durante 8-10 segundos atacando en frío para compensar la contracción de la gutapercha al enfriarse (Figura 44, F).
6. Rotamos el *plugger* ligeramente comprobando que la gutapercha permanece adherida en el conducto sin desplazarse y extraemos el transportador, quedando la gutapercha alrededor de las paredes y con un espacio creado por el *plugger* a modo de impresión (Figura 44, G,H).
7. Para obturar ese espacio cortamos con la guillotina una gutapercha Autofit® de conicidad .06 a un calibre 40, que se corresponde con el calibre y conicidad que presenta el transportador Fine de Buchanan. Comprobamos que llega al mismo punto al que hemos introducido el transportador (longitud de trabajo – 3 mm) y que presenta resistencia al ser retirado (*tug-back*) (Figura 44, I).

8. Cortamos la gutapercha sobrante a nivel de la entrada del orificio con la punta del System B a 200°C y atacamos nuevamente a ese nivel.

En los grupos en los que se realizaba **2 olas**, después del último punto se volvía a repetir desde el paso número 4.

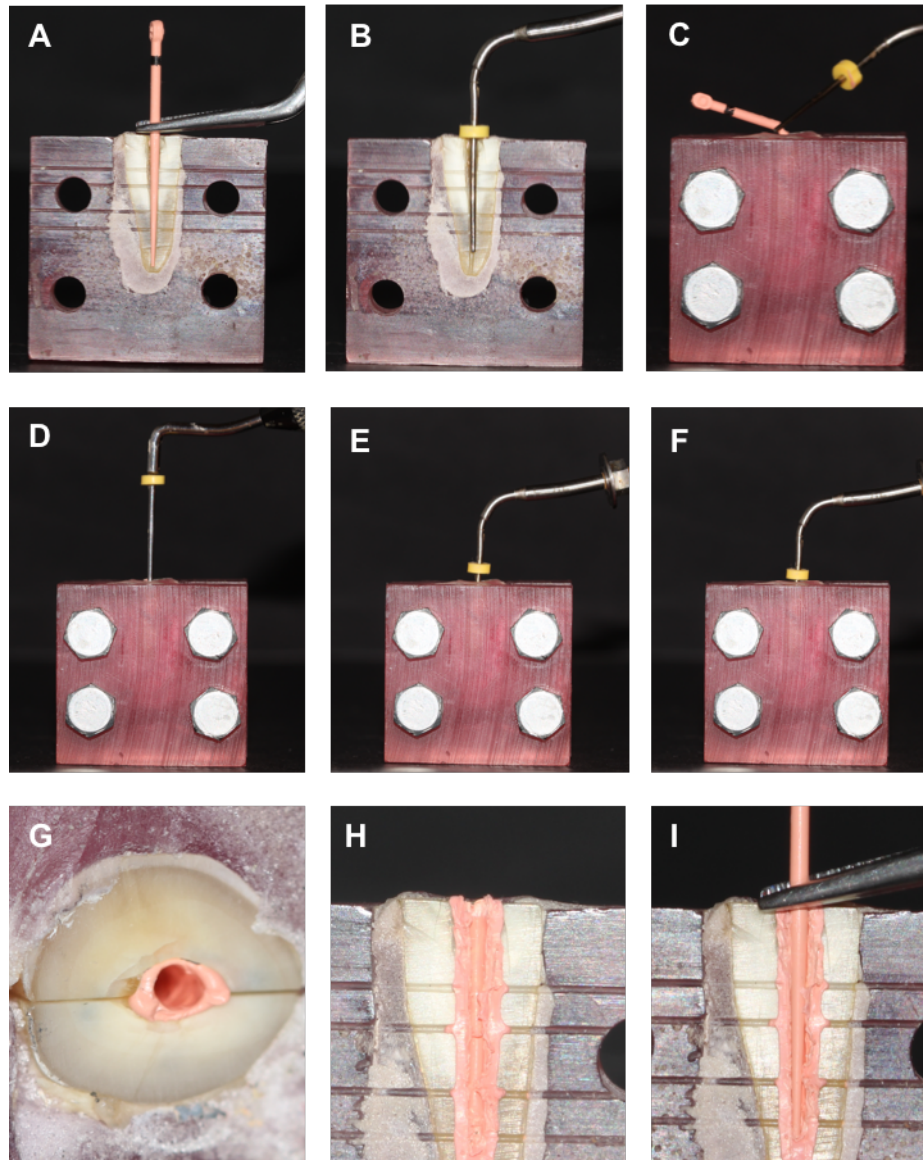


Figura 44. Técnica de la ola continua

Después de obturar el conducto se sacaba el modelo del baño de agua y se dejaba enfriar durante 3 minutos. A continuación, se abría el modelo y se extraía la muestra, comprobando que no se quedaba adherida la gutapercha en alguna zona del modelo. Por último, se guardaba en cajas numeradas para ser analizadas posteriormente.

2.3 Análisis de las muestras

El análisis de los conductos laterales y los istmos, así como la evaluación de la replicación de las reabsorciones, se llevó a cabo por un evaluador, que es el mismo que ha completado las obturaciones para obtener los especímenes.

2.3.1 Análisis de los conductos laterales e istmos

El estudio de los conductos laterales y de los istmos se realizó con fotografías, utilizando una regla Leica milimetrada para poder calibrar las imágenes con el analizador ImageJ versión 1.51h (Figuras 45, 46)

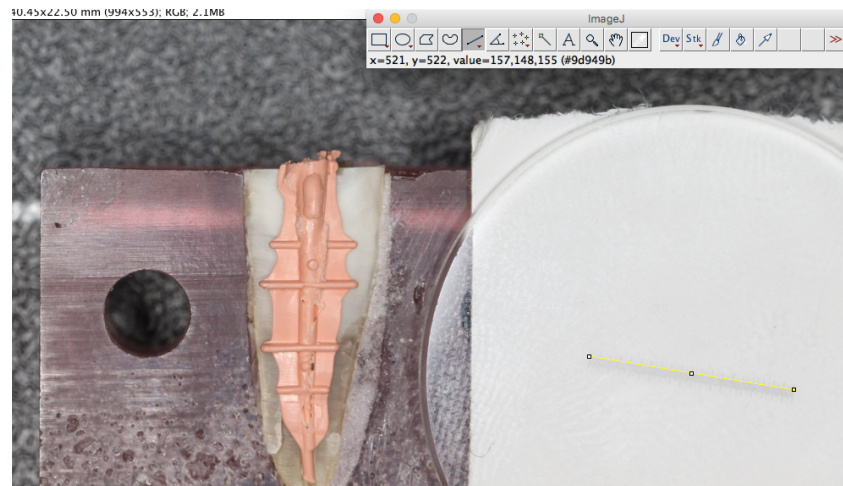


Figura 45. Calibración de la imagen con el programa ImageJ

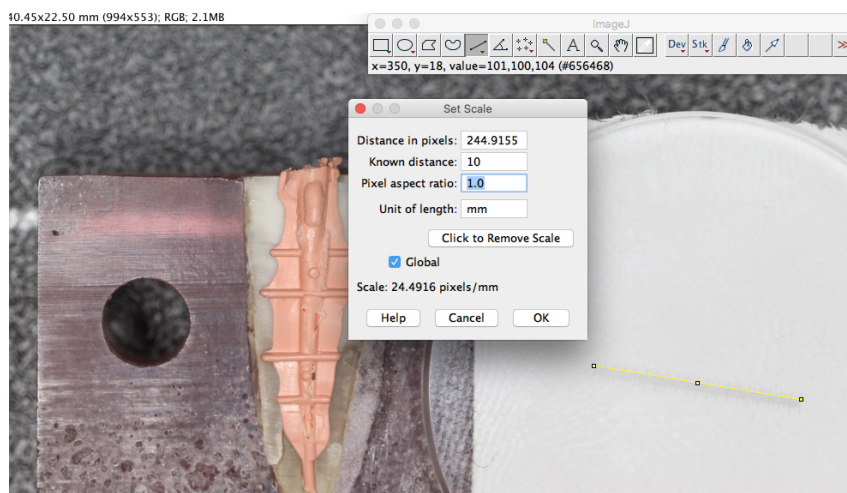


Figura 46. Calibración de la imagen con el programa ImageJ

Los conductos laterales se medían de forma lineal, desde la pared del conducto hasta la zona donde termina la pared externa del diente (Figura 47). En cada tercio se calculó la media de penetración de la gutapercha en los cuatro conductos, obteniéndose una media de penetración en el tercio coronal y una media de penetración en el tercio medio.

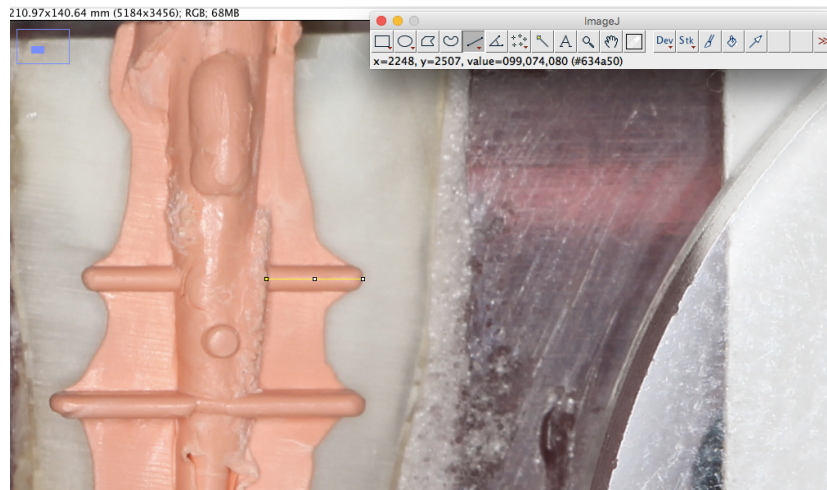


Figura 47. Medición de los conductos laterales

El istmo se analizaba midiendo el área comprendida entre los conductos laterales de ambos lados del diente, realizando la suma del área partiendo desde el conducto más coronal hasta el conducto más apical (Figura 48).

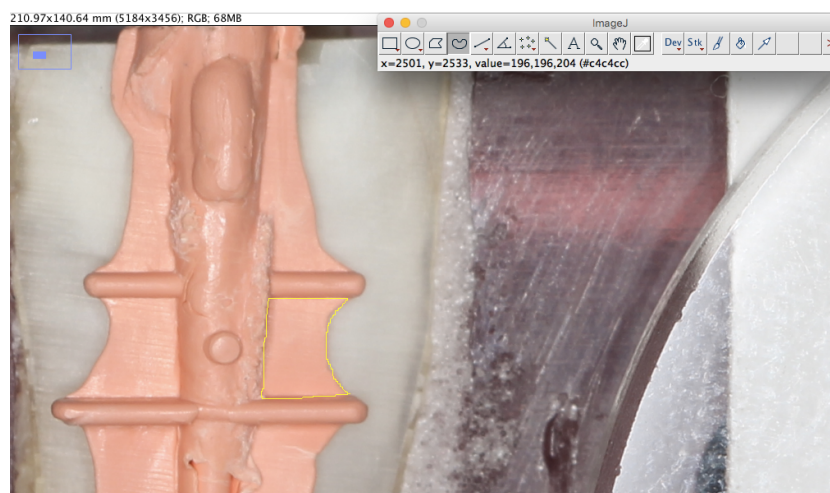


Figura 48. Medición del istmo

2.3.2 Análisis de las depresiones

La evaluación de la replicación de las reabsorciones se realizó observando a través del microscopio estereoscópico Leica 541 con un aumento de x16 y x25 (Figura 49), girándolas para valorarlas de forma tridimensional y comprobar si presentaban atrapamiento de aire o burbujas, así como otros defectos como deformaciones.



Figura 49. Microscopio estereoscópico Leica 541

Se llevó a cabo la puntuación de las muestras siguiendo estos criterios de evaluación:

0 = no reproduce la depresión

1 = reproducción parcial de la depresión

2 = reproducción total de la depresión

2.4 Análisis estadístico

Los resultados obtenidos se analizaron con el programa estadístico SPSS 22.0. En primer lugar, se presentaron los datos mediante la estadística descriptiva, que mostró los valores medios con sus desviaciones estándar, error estándar, máximos y mínimos.

Con respecto a la estadística inferencial, se utilizó la prueba de Shapiro-Wilk para determinar si había una distribución normal de los datos. Se utilizó la prueba ANOVA para la comparación de medias de las variables cuantitativas y el test de Chi-cuadrado de Pearson para las variables categóricas.

Para todos los test empleados, los valores con $p < 0,05$ fueron estadísticamente significativos.

V. RESULTADOS

1. Tablas de resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos tras medir el grado de penetración de la gutapercha en los conductos laterales y en el istmo con el programa ImageJ. Los valores de penetración de los conductos laterales se realizaron en la unidad de medida milímetros (mm) y se calculó el área del istmo en mm^2 de cada espécimen de gutapercha obtenido. Estos valores representan la media de penetración de la gutapercha en los cuatros conductos del tercio coronal, de los cuatro conductos del tercio medio y del istmo (Tablas 4-11).

En el momento de la toma de imagen, se descartó la muestra 24 (perteneciente al grupo Autofit® 1 ola) al estar deteriorada, por tanto, ese grupo contó con 9 muestras en vez de 10 y hubo un total de 79 muestras analizadas.

Grupo 1= Muestras obtenidas con el sistema de inyección BeeFill® (Tabla 4)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm^2)
9	1,172	2,082	14,099
15	2,295	3,534	29,694
17	1,764	2,697	20,014
36	1,098	2,390	15,135
39	1,569	3,192	24,885
54	1,592	2,373	19,434
58	1,677	2,970	24,738
61	1,746	2,341	16,140
70	1,760	3,216	24,606
75	1,744	1,704	14,094

Grupo 2= Muestras obtenidas con el sistema de inyección Extruder® (Tabla 5)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm^2)
5	1,591	1,706	12,752
7	1,783	1,491	15,828
10	1,724	2,201	21,757
14	1,931	1,431	18,288
23	2,460	2,906	26,316
51	1,604	2,325	22,842
57	1,785	2,674	25,128
67	1,236	2,163	20,316

72	1,677	2,067	18,060
76	0,970	2,195	16,122

Grupo 3= Muestras obtenidas con System B y cono 6% Maillefer® realizando 1 ola (Tabla 6)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
4	0,692	0,432	4,502
8	0,703	0,527	4,289
13	0,719	0,484	4,323
18	0,634	0,426	4,044
20	0,590	0,415	3,830
55	0,542	0,469	3,486
62	0,719	0,565	4,122
71	0,714	0,556	4,962
77	0,636	0,425	4,662
79	0,735	0,512	4,644

Grupo 4= Muestras obtenidas con System B y cono 6% Maillefer® realizando 2 olas (Tabla 7)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
19	1,116	1,101	11,219
22	0,989	0,885	9,326
30	1,095	0,980	10,700
40	0,951	0,942	8,599
42	1,178	1,095	10,851
50	1,005	0,952	9,246
63	1,084	0,939	9,216
66	1,045	1,033	10,140
73	1,139	1,025	10,314
80	1,136	0,954	10,074

Grupo 5= Muestras obtenidas con System B y cono 6% Autofit® realizando 1 ola (Tabla 8)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
1	0,721	0,729	5,959
11	0,731	0,620	5,896
12	0,713	0,722	5,515
26	0,571	0,595	4,770
29	0,530	0,594	4,717
32	0,517	0,624	5,120
33	0,628	0,774	6,122
35	0,547	0,680	4,686
43	0,501	0,594	5,058

Grupo 6= Muestras obtenidas con System B y cono 6% Autofit® realizando 2 olas (Tabla 9)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
6	1,261	1,100	10,171
16	1,224	1,226	11,500
21	1,136	1,134	10,328
38	1,186	1,087	10,948
44	1,157	1,092	10,722
52	1,086	1,030	9,690
60	1,103	1,060	10,416
65	1,154	1,033	10,230
69	1,058	1,020	10,416
78	1,180	1,117	11,130

Grupo 7= Muestras obtenidas con System B y cono F4 ProTaper Gold® realizando 1 ola (Tabla 10)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
25	0,836	0,739	5,944
28	0,873	0,733	6,077
34	0,942	0,756	5,883
37	0,888	0,800	6,319
41	0,726	0,602	4,461
46	0,900	0,725	6,372
53	0,866	0,861	6,690
56	0,669	0,662	5,130
59	0,737	0,760	5,616
68	0,836	0,658	6,324

Grupo 8= Muestras obtenidas con System B y cono F4 ProTaper Gold® realizando 2 olas (Tabla 11)

Muestra	Conductos laterales coronales (mm)	Conductos laterales medios (mm)	Istmo (mm²)
2	1,567	1,161	11,924
3	1,405	1,187	11,369
27	1,456	1,229	12,571
31	1,183	1,106	11,493
45	1,309	1,212	12,636
47	1,263	1,160	11,790
48	1,271	1,172	11,478
49	1,444	1,252	13,512
64	1,327	1,106	12,378
74	1,329	1,135	11,652

2. Análisis estadístico

2.1 Estadística descriptiva

A continuación, se expone la estadística descriptiva para las variables cuantitativas en la que se incluye la media, desviación estándar, error estándar, máximos y mínimos. Se presenta por separado, explicando el análisis descriptivo junto a unos diagramas en caja de la media de penetración de gutapercha en los conductos del tercio coronal, conductos del tercio medio y por último del istmo.

Conductos laterales coroneles (Tabla 12, Figura 50)

TÉCNICA	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo
BeeFill	10	1,641	,333	,105	1,098	2,295
Extruder	10	1,676	,395	,125	,970	2,460
Maillefer + Syst. B 1	10	,668	,064	,020	,542	,735
Maillefer + Syst. B 2	10	1,073	,073	,023	,951	1,178
Autofit + Syst. B 1	9	,606	,093	,031	,501	,731
Autofit + Syst. B 2	10	1,154	,062	,019	1,058	1,261
ProTaper + Syst. B 1	10	,827	,087	,027	,669	,942
ProTaper + Syst. B 2	10	1,355	,112	,035	1,183	1,567

Tabla 12. Penetración de gutapercha en conductos laterales del tercio coronal (mm)

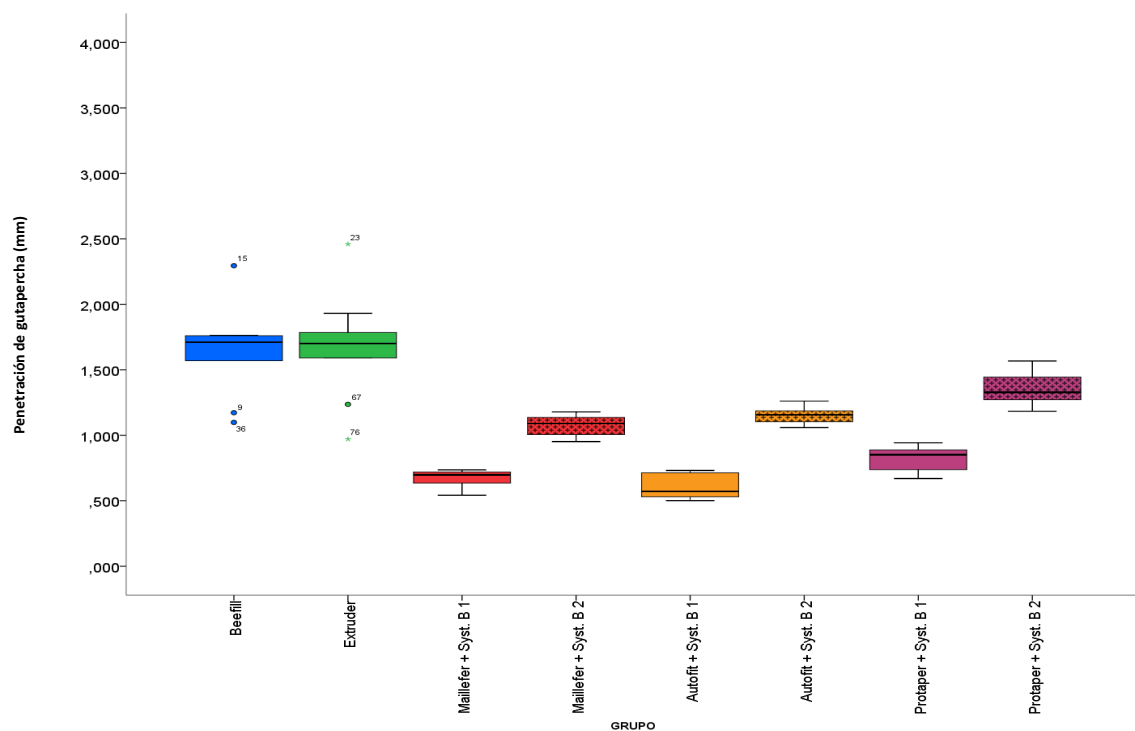


Figura 50. Box-plot. Penetración de gutapercha en conductos laterales del tercio coronal

Conductos laterales medios (Tabla 13, Figura 51)

TÉCNICA	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo
BeeFill	10	2,649	,573	,181	1,704	3,534
Extruder	10	2,115	,474	,150	1,431	2,906
Maillefer + Syst. B 1	10	,481	,056	,017	,415	,565
Maillefer + Syst. B 2	10	,990	,070	,022	,885	1,101
Autofit + Syst. B 1	9	,659	,068	,022	,594	,774
Autofit + Syst. B 2	10	1,089	,061	,019	1,020	1,226
ProTaper + Syst. B 1	10	,729	,074	,023	,602	,861
ProTaper + Syst. B 2	10	1,172	,049	,015	1,106	1,252

Tabla 13. Penetración de gutapercha en conductos laterales del tercio medio (mm)

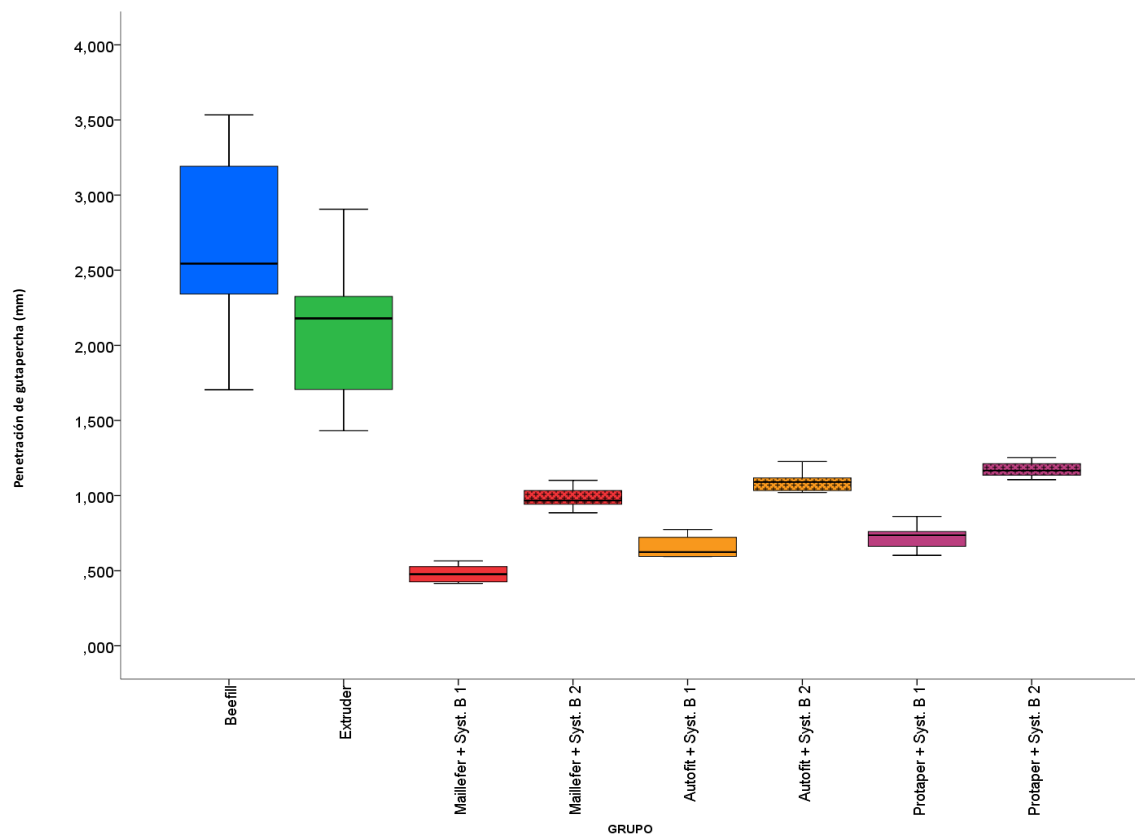


Figura 51. *Box-plot*. Penetración de gutapercha en conductos laterales del tercio medio

Istmo (Tabla 14, Figura 52)

TÉCNICA	N	Media	Desviación estándar	Error estándar	Mínimo	Máximo
BeeFill	10	20,283	5,469	1,729	14,094	29,694
Extruder	10	19,740	4,326	1,368	12,752	26,316
Maillefer + Syst. B 1	10	4,286	,435	,137	3,486	4,962
Maillefer + Syst. B 2	10	9,968	,844	,266	8,599	11,219
Autofit + Syst. B 1	9	5,315	,569	,189	4,686	6,122
Autofit + Syst. B 2	10	10,555	,526	,166	9,690	11,500
ProTaper + Syst. B 1	10	5,881	,664	,210	4,461	6,690
ProTaper + Syst. B 2	10	12,080	,682	,215	11,369	13,512

Tabla 14. Penetración de gutapercha en istmo (mm²)

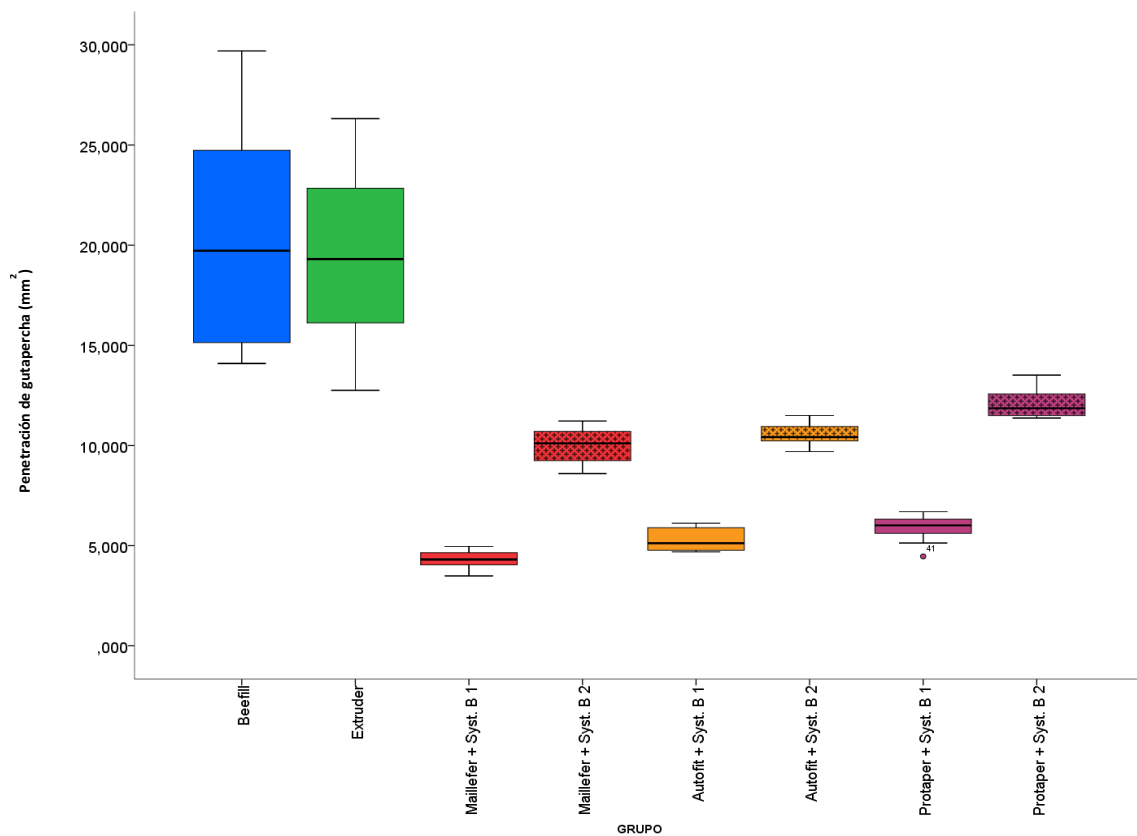


Figura 52. Box-plot. Penetración de gutapercha en istmo

2.2 Estadística inferencial

Prueba de normalidad

Empleamos la prueba de **Shapiro-Wilk** para comprobar si hay una distribución normal de las muestras. En los tres apartados (conductos laterales coronales, conductos laterales medios e istmo) obtenemos resultados estadísticamente no significativos (Tabla 15). Por tanto, las muestras siguen una distribución normal.

Grupo	Significación		
	Conductos coronales	Conductos medios	Istmo
BeeFill	,166	,860	,254
Extruder	,513	,649	,934
Maillefer + Syst. B 1	,105	,228	,987
Maillefer + Syst. B 2	,746	,427	,743
Autofit + Syst. B 1	,092	,102	,169
Autofit + Syst. B 2	,986	,268	,888
ProTaper + Syst. B 1	,322	,911	,254
ProTaper + Syst. B 2	,883	,748	,187

Tabla 15. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk

Análisis de la varianza unifactorial entre todos los grupos

En primer lugar, se aplica el **test de homogeneidad de varianzas de Levene** y se obtiene que los tres apartados (conductos coronales, conductos laterales e istmo) son estadísticamente significativos ($p < 0,05$), por lo que se rechaza la homogeneidad de varianzas.

A continuación, se realiza la prueba de **ANOVA** para determinar si hay diferencias estadísticamente significativas entre todos los grupos que se han utilizado en este estudio a nivel de los conductos laterales (coronal, medio) y del istmo.

El resultado en los tres apartados es estadísticamente significativo ($p = ,0001$), lo que indica que existen diferencias entre las técnicas, por lo que se realizan las pruebas *post hoc* de comparaciones múltiples de **Tamhane** para evaluar entre qué técnicas existen esas diferencias.

- Conductos laterales del tercio coronal (Figura 53)

Entre las dos técnicas de inyección estudiadas, Extruder® y BeeFill®, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=1,000$).

Entre las dos técnicas de inyección y las de System B, no se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo de ProTaper® 2 olas con Extruder® ($p=,603$) y con BeeFill® ($p=,522$). Por otro lado, sí se observaron diferencias estadísticamente significativas entre Extruder® y BeeFill® con el resto de grupos en los que se emplea la técnica de la ola continua, tanto de una como de dos olas ($p<0,05$).

Los grupos con menor grado de penetración fueron los que se realizaban con una ola de condensación y el grupo de Autofit® 1 ola fue el que menos fluidez presentó.

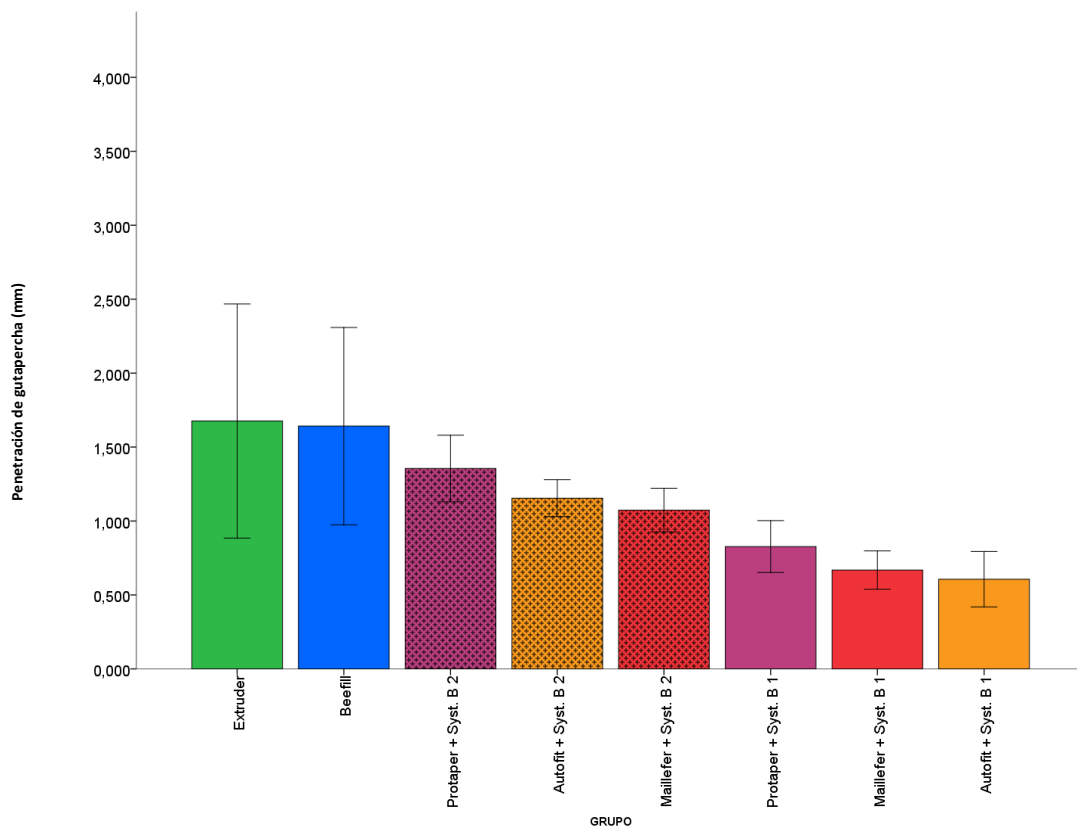


Figura 53. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal de todos los grupos estudiados

- Conductos laterales del tercio medio (Figura 54)

A nivel de los conductos laterales medios, no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre BeeFill® y Extruder® ($p=,644$).

Entre las dos técnicas de inyección y las de System B, se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre Extruder® y BeeFill® con el resto de grupos en los que se emplea la técnica de la ola continua ($p<0,05$).

Los grupos obturados con una ola de condensación fueron los que presentaron una menor penetración en los conductos laterales, y de ellos, las muestras obturadas con la gutapercha Maillefer® fueron las que menos penetraron.

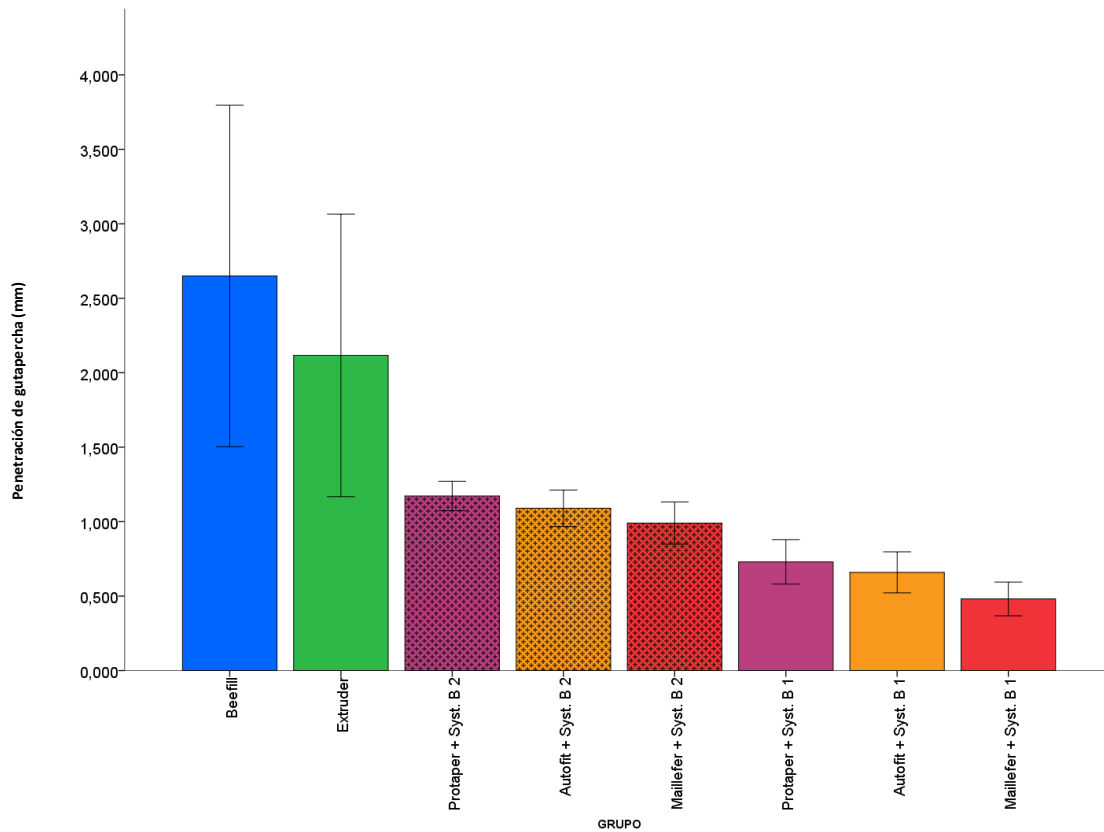


Figura 54. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio de todos los grupos estudiados

- Istmo (Figura 55)

A nivel del istmo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre BeeFill® y Extruder® ($p=1,000$).

Entre las dos técnicas de inyección y las de System B, también se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre Extruder® y BeeFill® con el resto de grupos en los que se emplea la técnica de la ola continua ($p<0,05$).

Al igual que ocurre en los conductos laterales, los grupos obturados con una ola fueron los que tuvieron un área de gutapercha menor. De ellos, el grupo de ProTaper® fue el que tuvo mayor fluidez y el grupo de Maillefer® el que menos.

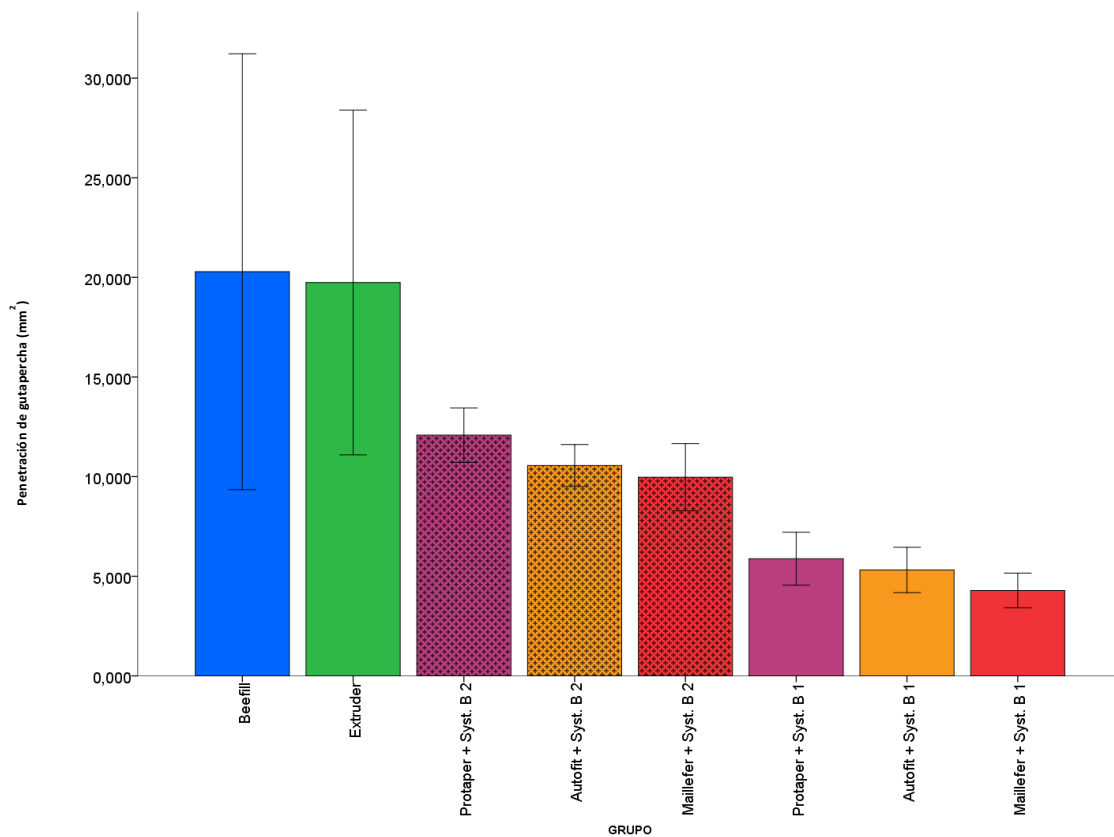


Figura 55. Penetración de gutapercha en el istmo de todos los grupos estudiados

Análisis estadístico para comparar las dos técnicas (técnica de inyección y técnica de la ola continua) (Figuras 56-58)

Se aplicó el test de **ANOVA** con el fin de determinar si el tipo de técnica empleada influye sobre el grado de penetración de la gutapercha en los conductos laterales y en el istmo. Para ello, realizamos la comparación entre inyección y la técnica de la ola continua, diferenciando entre una ola y dos olas de condensación.

Tanto en los conductos laterales del tercio coronal y medio como en el istmo el test ANOVA dio una diferencia estadísticamente significativa entre las tres técnicas ($p=,0001$). Para analizar esas diferencias se emplea la prueba *post hoc* de comparaciones múltiples de Tamhane al no cumplirse la homogeneidad de varianzas.

El test de comparaciones múltiples de **Tamhane** detectó en los tres tipos de irregularidad diferencias estadísticamente significativas para $p<0,05$ entre la técnica de inyección con la técnica de la ola continua realizando una ola ($p=,0001$) y la técnica de inyección con la técnica de la ola continua realizando dos olas ($p=,0001$).

Con respecto a la técnica de la ola continua según el número de olas, se encontró que sí había diferencias estadísticamente significativas entre realizar una ola y realizar dos olas ($p=,0001$).

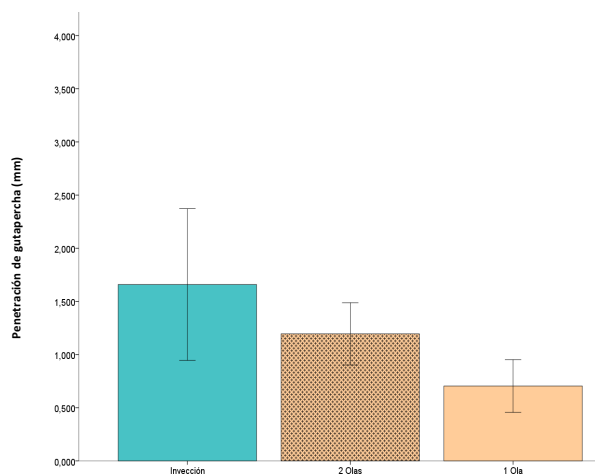


Figura 56. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal al realizar la técnica de inyección y la ola continua (1 y 2 olas de condensación)

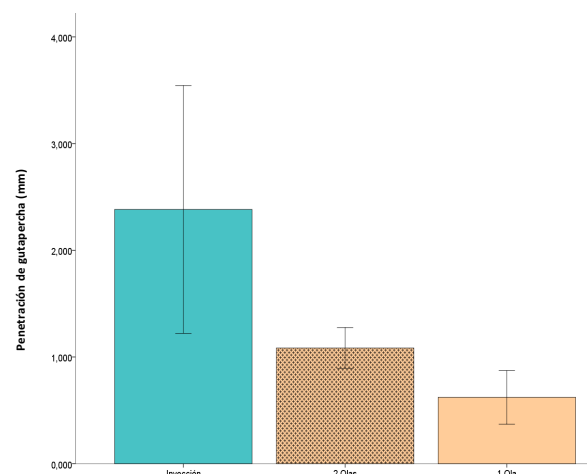


Figura 57. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio al realizar la técnica de inyección y la ola continua (1 y 2 olas de condensación)

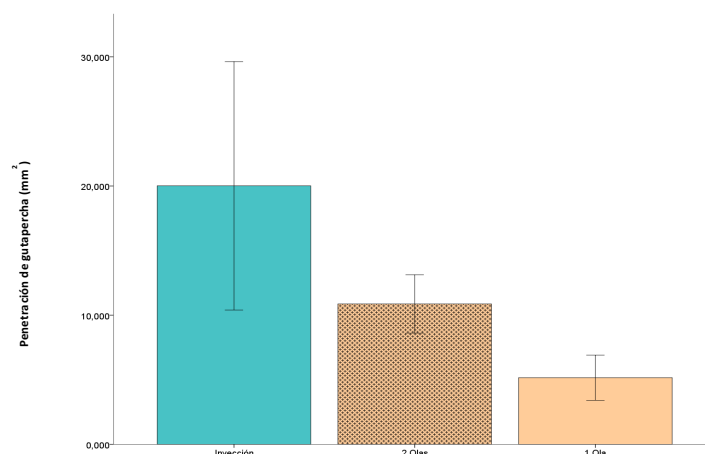


Figura 58. Penetración de gutapercha en el istmo al realizar la técnica de inyección y la ola continua (1 y 2 olas de condensación)

Además, se calculó el **porcentaje de relleno** de los conductos que se ha obtenido en cada técnica. Para ello, se realiza de la siguiente forma:

$\text{Media \% de relleno cuatro conductos del tercio} / \text{Media \% longitud real conductos}$

La media de los porcentajes de relleno de los conductos laterales del tercio coronal utilizando la técnica de inyección fue del 74,5%. Cuando se empleaba la técnica de la ola continua realizando una ola, de media el 31% del conducto quedaba relleno y cuando se realizaban dos olas la media aumentaba al 53,5% (Figura 59).

En los conductos laterales del tercio medio, en el grupo de inyección se obtuvo una media superior a la media de la longitud real del conducto (134,4%). Por otro lado, el 34,8% de los conductos se rellenaban cuando se realizaba una ola de condensación y aumentaba hasta el 60,6% cuando se realizaban dos olas de condensación (Figura 60).

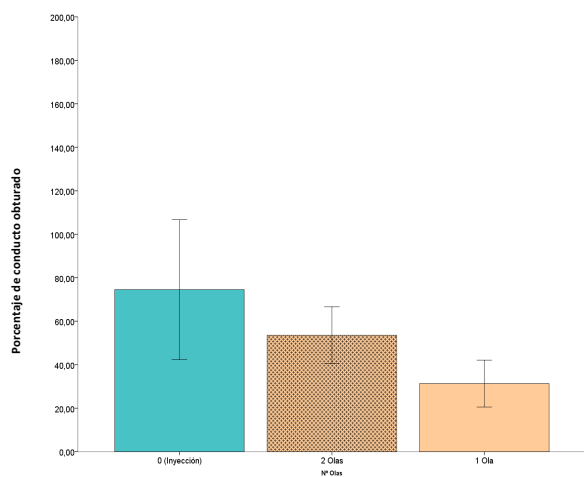


Figura 59. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal

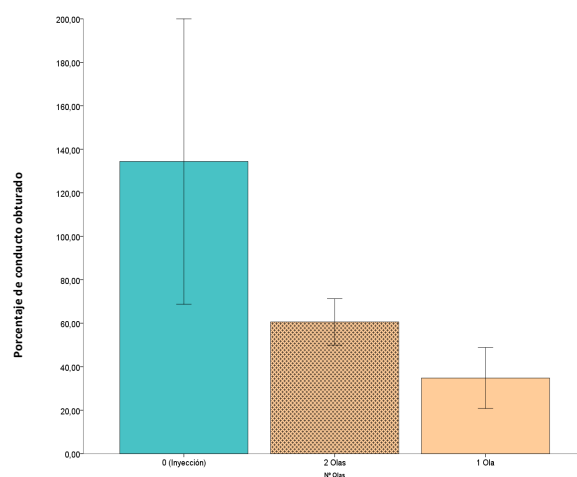


Figura 60. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio

Análisis estadístico para comparar la técnica de la ola continua según el número de olas

Se realizó un test de **ANOVA** con el fin de determinar qué grupos obturados con la técnica de la ola continua de condensación presentan mayor capacidad de penetración, en función de si se realiza una ola o de si se realizan dos olas de condensación.

En primer lugar, a través de la prueba de homogeneidad de varianzas de Levene se comprobó que las varianzas de los grupos eran homogéneas.

- Grupos obturados con una ola

La prueba ANOVA, con una $p < 0,05$ ($p = ,0001$), indica que existen diferencias en los grupos cuando se analizan los conductos laterales situados en el tercio coronal, los conductos laterales del tercio medio y el istmo. Para localizar dónde se encuentran esas diferencias se emplea la prueba *post hoc* de subconjuntos homogéneos de Student-Newman-Keuls.

En los conductos laterales del tercio coronal, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la gutapercha de la marca de ProTaper® y la gutapercha Autofit® y Maillefer®, siendo el grado de penetración mayor cuando se emplea la gutapercha de ProTaper®. No existen diferencias estadísticamente significativas entre la gutapercha de Autofit® y la gutapercha de Maillefer® (Tabla 16) (Figuras 61, 62).

	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Student-Newman-Keuls	Autofit + Syst. B 1	9	,60656	
	Maillefer + Syst. B 1	10	,66840	
	ProTaper + Syst. B 1	10		,82730
	Sig.		,112	1,000

Tabla 16. Prueba de Student-Newman-Keuls para los conductos laterales del tercio coronal

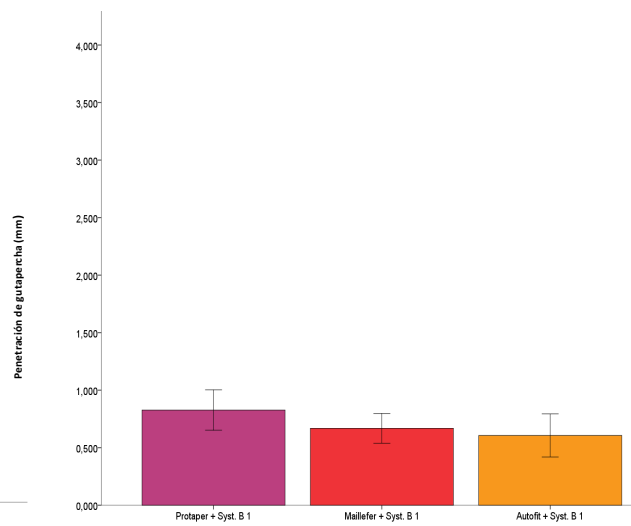
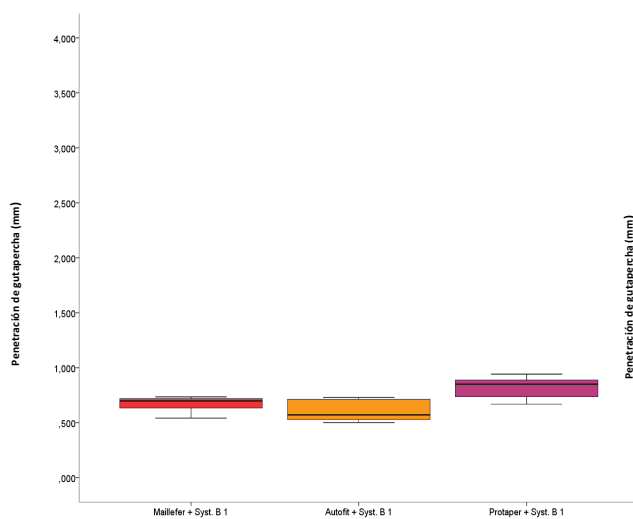
En los conductos laterales del tercio medio (Tabla 17) (Figuras 63, 64) y en el istmo (Tabla 18) (Figuras 65, 66), se observa que hay diferencias estadísticamente significativas entre la gutapercha de ProTaper® y la gutapercha Autofit®; entre la gutapercha ProTaper® y la gutapercha Maillefer® y, por último, entre la gutapercha de Maillefer® y la gutapercha de Autofit®.

	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls	Maillefer + Syst. B 1	10	,48110		
	Autofit + Syst. B 1	9		,65911	
	ProTaper + Syst. B 1	10			,72960
	Sig.		1,000	1,000	1,000

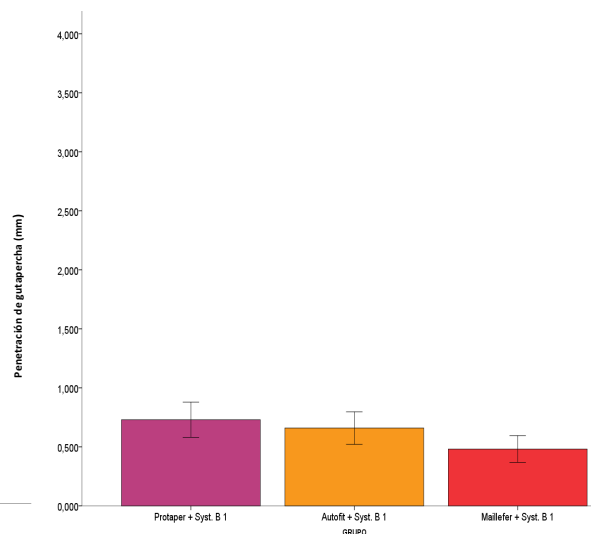
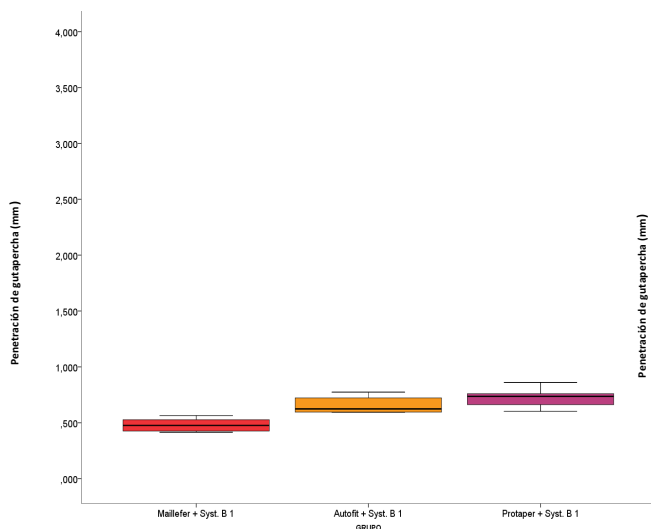
Tabla 17. Prueba de Student-Newman-Keuls para los conductos laterales del tercio medio

	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls	Maillefer + Syst. B 1	10	4,28640		
	Autofit + Syst. B 1	9		5,31589	
	ProTaper + Syst. B 1	10			5,88160
	Sig.		1,000	1,000	1,000

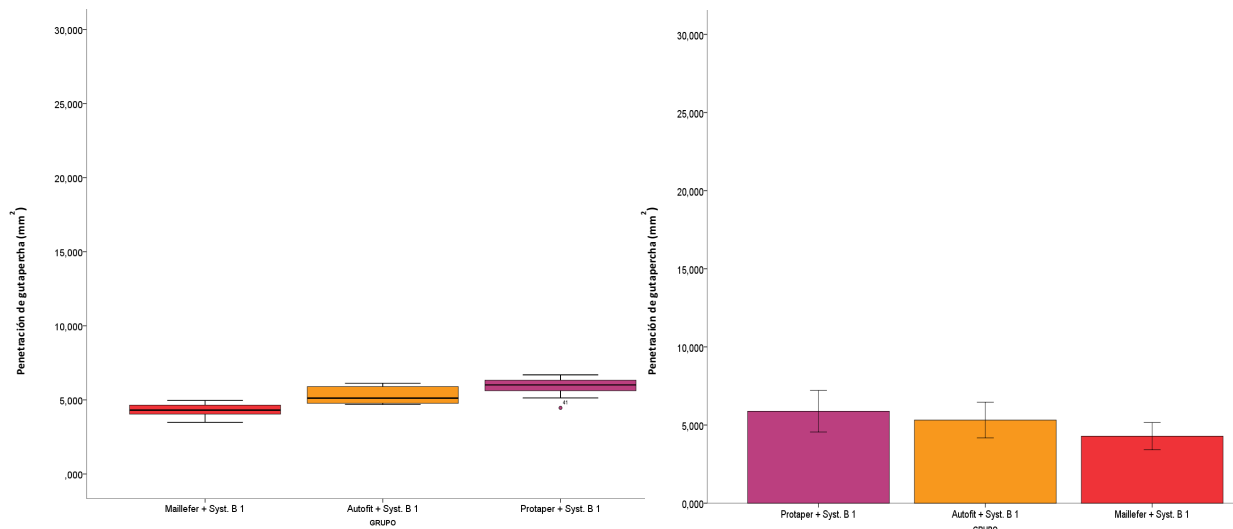
Tabla 18. Prueba de Student-Newman-Keuls para el istmo



Figuras 61, 62. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal al realizar una ola de condensación



Figuras 63, 64. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio al realizar una ola de condensación



Figuras 65, 66. Penetración de gutapercha en el istmo al realizar una ola de condensación

También se calculó el **porcentaje de relleno** de los conductos que se ha obtenido al realizar una ola con distintas marcas de gutapercha.

El grupo de ProTaper® fue el que tuvo una mayor media de penetración en los dos tercios (36,4% en coronal y 40,9% en medio), seguido del grupo Maillefer® (29,8% en coronal y 26,9 en medio) y del grupo AutoFit® (27,2% en coronal y 36,7% en medio) (Figuras 67, 68).

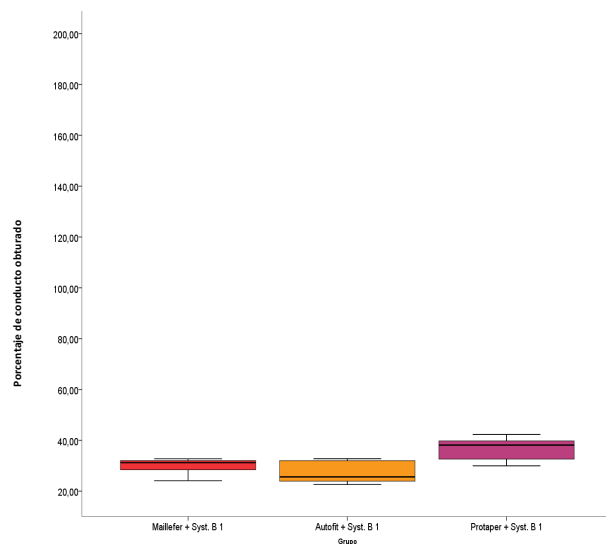


Figura 67. *Box-plot*. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal al realizar una ola de condensación

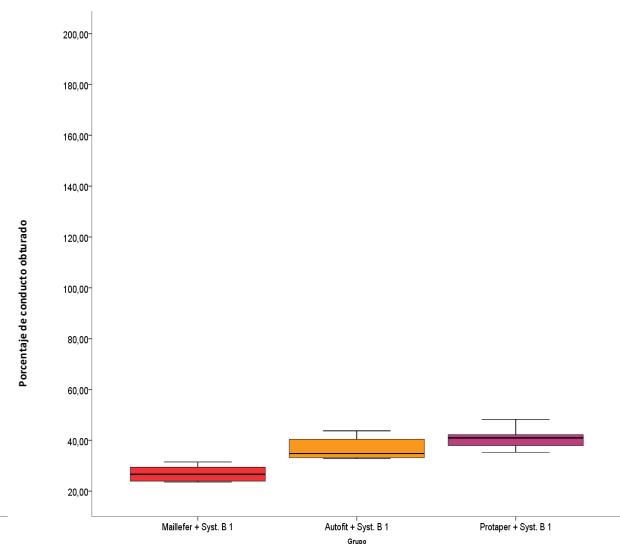


Figura 68. *Box-plot*. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio al realizar una ola de condensación

- Grupos obturados con dos olas

La prueba ANOVA, con una $p < 0,05$ ($p = ,0001$), indica que existen diferencias en los grupos cuando se analizan los conductos laterales situados en el tercio coronal, los conductos laterales del tercio medio y el istmo. Para localizar dónde se encuentran esas diferencias se emplea la prueba *post hoc* de subconjuntos homogéneos de Student-Newman-Keuls.

En los conductos laterales del tercio coronal (Tabla 19) (Figuras 69, 70) y del tercio medio (Tabla 20) (Figuras 71, 72), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de gutapercha, siendo el grado de penetración mayor cuando se emplea la gutapercha de ProTaper®.

	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls	Maillefer + Syst. B 2	10	1,07380		
	Autofit + Syst. B 2	10		1,15450	
	ProTaper + Syst. B 2	10			1,35540
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Tabla 19. Prueba de Student-Newman-Keuls para los conductos laterales del tercio coronal

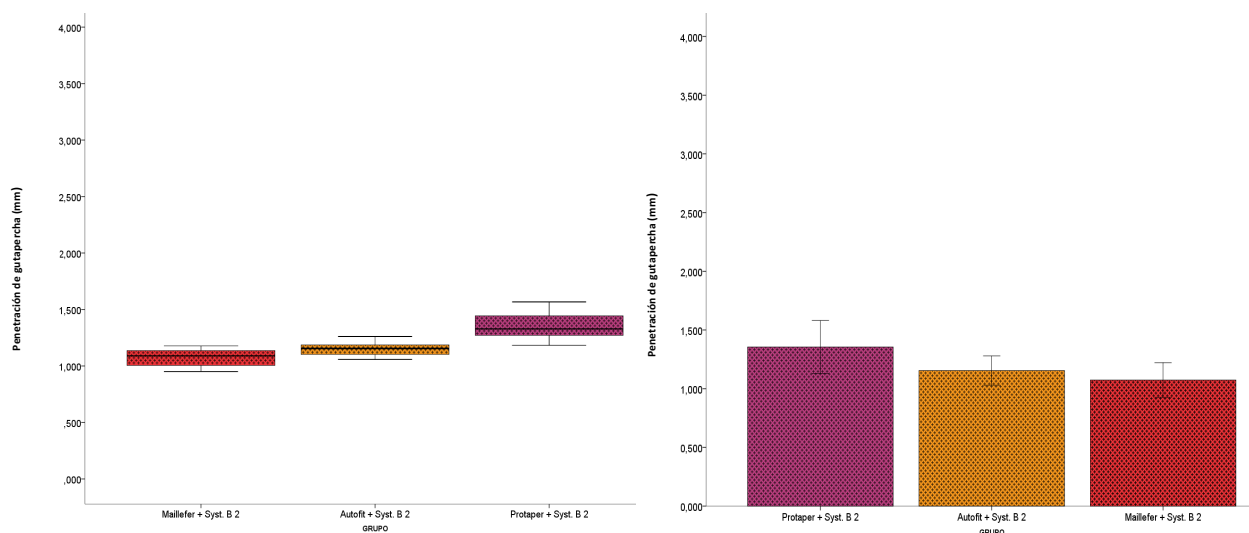
	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
			1	2	3
Student-Newman-Keuls	Maillefer + Syst. B 2	10	,99060		
	Autofit + Syst. B 2	10		1,08990	
	ProTaper + Syst. B 2	10			1,17200
	Sig.		1,000	1,000	1,000

Tabla 20. Prueba de Student-Newman-Keuls para los conductos laterales del tercio medio

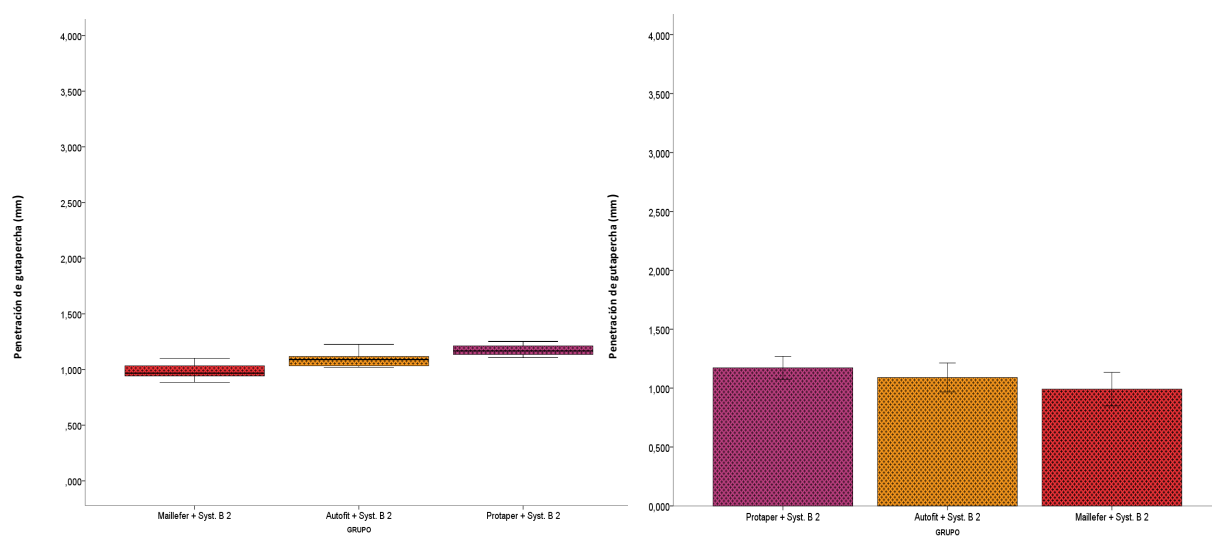
En el istmo (Tabla 21) (Figuras 73, 74), se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la gutapercha de la marca de Protaper® y la gutapercha Autofit® y Maillefer®. No existen diferencias significativas entre la gutapercha de Autofit® y la gutapercha de Maillefer®.

	GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
			1	2
Student-Newman-Keuls	Maillefer + Syst. B 2	10	9,96850	
	Autofit + Syst. B 2	10	10,55510	
	Protaper + Syst. B 2	10		12,08030
	Sig.		,071	1,000

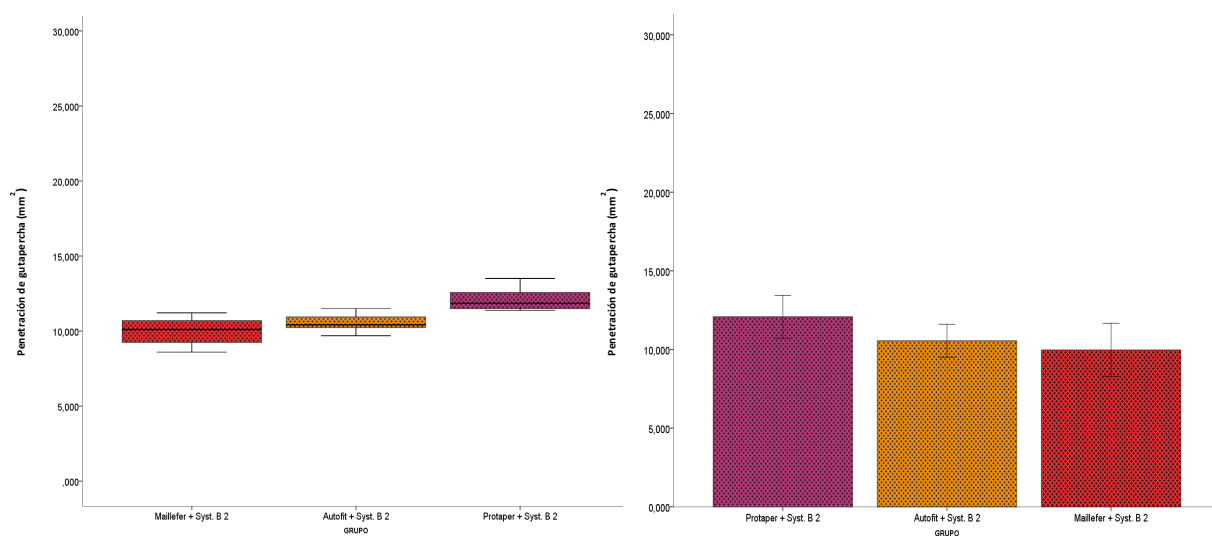
Tabla 21. Prueba de Student-Newman-Keuls para el istmo



Figuras 69, 70. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal al realizar dos olas de condensación



Figuras 71, 72. Penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio al realizar dos olas de condensación



Figuras 73, 74. Penetración de gutapercha en el istmo al realizar dos olas de condensación

Por último, se calculó el **porcentaje de relleno** de los conductos que se ha obtenido al realizar dos olas con distintas marcas de gutapercha.

Al igual que sucedía cuando se realizaba una ola, el grupo de ProTaper® fue el que tuvo una mayor media de penetración en los dos tercios (60,7% en coronal y 65,5% en medio), seguido del grupo Maillefer® (48,1% en coronal y 55,3% en el medio) y del grupo Autofit® (51,7% en coronal y 60,83% en medio) (Figuras 75, 76).

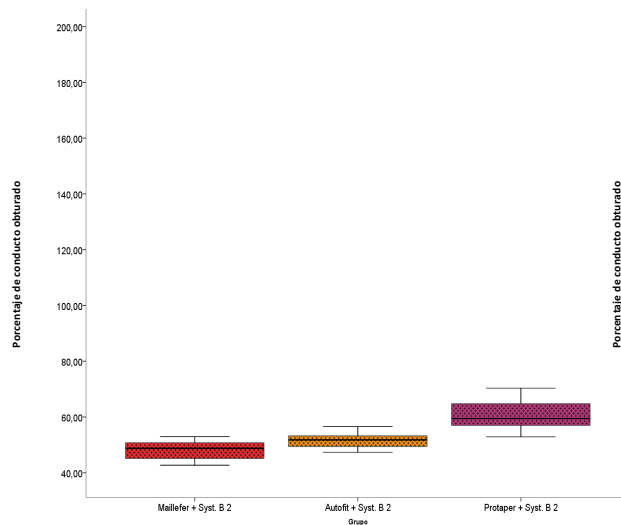


Figura 75. *Box-plot*. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio coronal al realizar dos olas de condensación

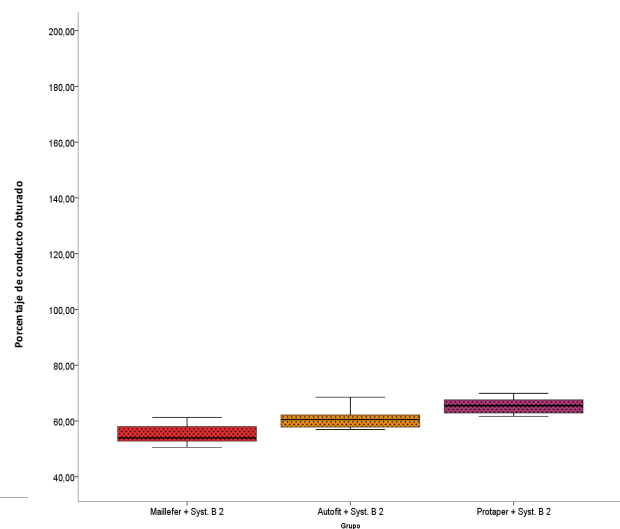


Figura 76. *Box-plot*. Porcentaje de penetración de gutapercha en los conductos laterales del tercio medio al realizar dos olas de condensación

Análisis de las variables cualitativas

Se utilizó el test de **Chi cuadrado de Pearson** con el fin de determinar si había diferencias estadísticamente significativas entre las distintas técnicas a nivel de las tres reabsorciones que indicamos a continuación:

- **Reabsorción 1:** reabsorción grande situada en el tercio coronal
- **Reabsorción 2:** reabsorción pequeña situada en el tercio coronal
- **Reabsorción 3:** reabsorción pequeña situada en el tercio medio

- Análisis entre todos los grupos

Al realizar la prueba de χ^2 no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los distintos grupos en la Reabsorción 1 ($p=,159$), Reabsorción 2 ($p=,340$) y Reabsorción 3 ($p=,056$).

Reabsorción 1: Observamos que solo los grupos de BeeFill® y Autofit® 2 olas tuvieron algún caso con una reproducción parcial (Figura 77).

Reabsorción 2: Observamos que hay más grupos que presentan alguna muestra con una reproducción parcial, en concreto, los grupos de Autofit® y ProTaper® de 1 y 2 olas (Figura 78).

Reabsorción 3: A diferencia de las reabsorciones 1 y 2 situadas a nivel coronal, encontramos que casi todos los grupos, a excepción del grupo de Maillefer® 2 olas y Autofit® 2 olas, presentan alguna muestra con una reproducción parcial. En el grupo que hubo más muestras de reproducción parcial fue en el de Autofit® 1 ola con casi un 60% de los casos. La prueba χ^2 no detectó diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=,056$), aunque el valor obtenido está próximo a la significación (Figura 79).

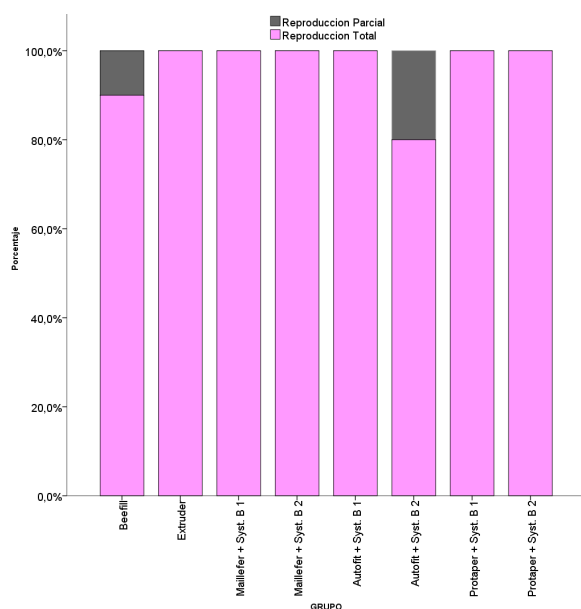


Figura 77. Porcentaje de reproducción (parcial o total) de todos los grupos en la Reabsorción 1

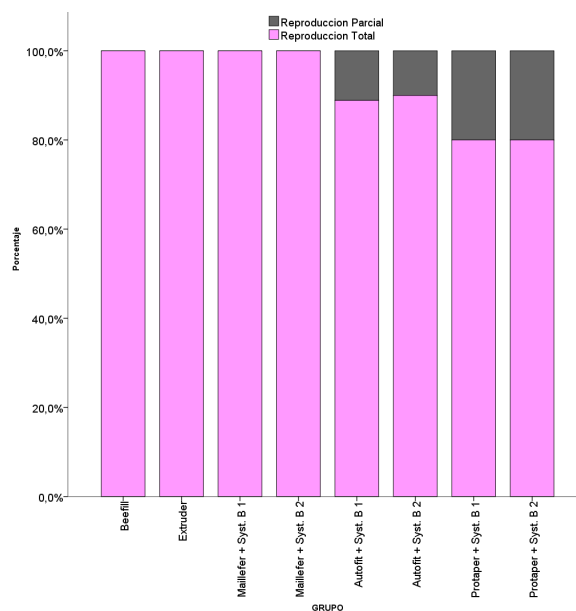


Figura 78. Porcentaje de reproducción (parcial o total) de todos los grupos en la Reabsorción 2

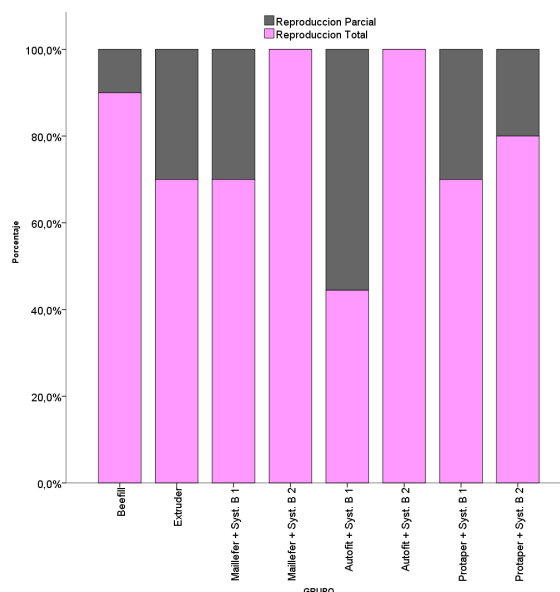


Figura 79. Porcentaje de reproducción (parcial o total) de todos los grupos en la Reabsorción 3

- Análisis entre técnicas (técnica de inyección y técnica de ola continua)

Utilizamos el test de χ^2 para valorar el grado de reproducción de las reabsorciones en función del tipo de técnica empleada. Para ello, realizamos la comparación entre inyección y la técnica de la ola continua, diferenciando entre una ola y dos olas de condensación.

En la Reabsorción 1, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p=,387$). Se observa que todos los casos obturados con una ola presentaban una reproducción total, mientras que en el grupo de inyección y en el de obturación con dos olas hubo algún caso con reproducción parcial (aproximadamente un 5-10% de los casos) (Figura 80).

En la Reabsorción 2, la prueba de χ^2 dio un valor de $p=,332$; por tanto, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos. En el grupo de inyección todos los casos presentaron una reproducción total, en cambio, en los grupos de una y dos olas, un 10-15% de los casos tuvieron una reproducción parcial (Figura 81).

En la Reabsorción 3, se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas ($p=,014$) entre los grupos. El grupo de una ola fue el que más casos tuvo con reproducción parcial (aproximadamente un 40%), seguido del grupo de inyección (20% aproximadamente) y por último del grupo de dos olas (aproximadamente un 5%) (Figura 82).

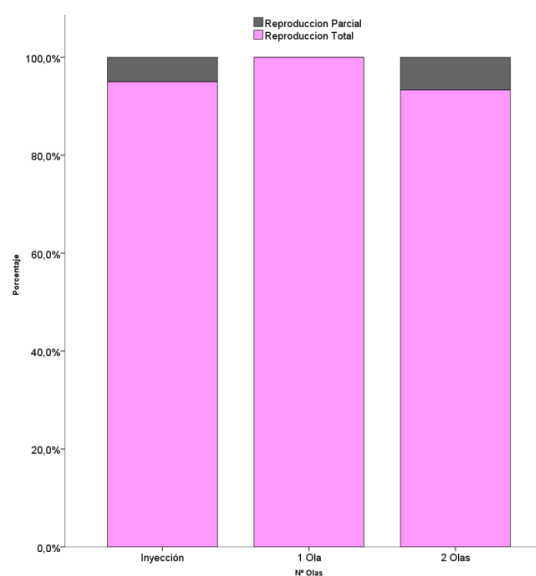


Figura 80. Porcentaje de reproducción (parcial o total) según la técnica de obturación en la Reabsorción 1

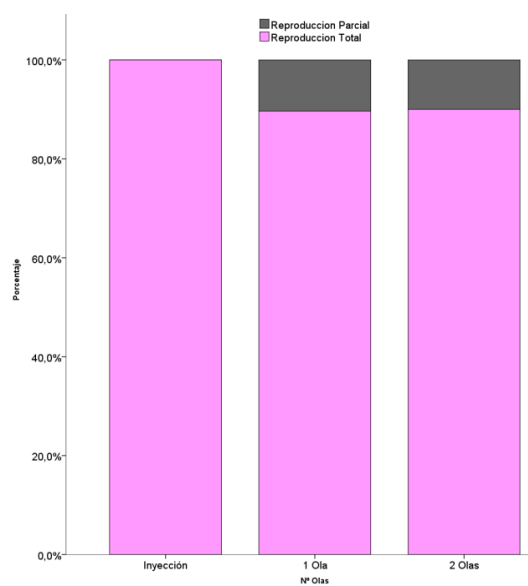


Figura 81. Porcentaje de reproducción (parcial o total) según la técnica de obturación en la Reabsorción 2

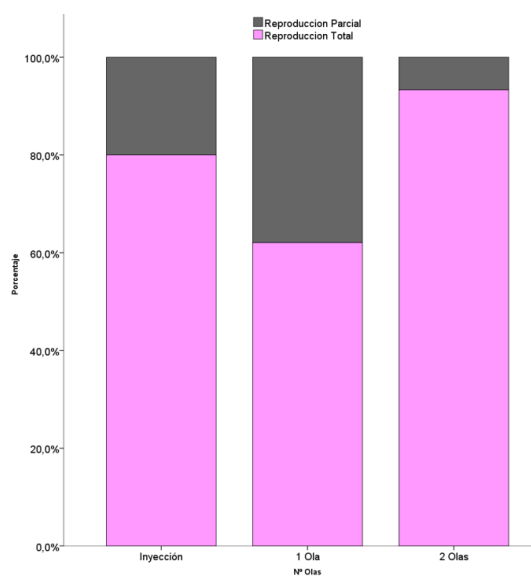


Figura 82. Porcentaje de reproducción (parcial o total) según la técnica de obturación en la Reabsorción 3

- Análisis de la técnica de la ola continua según el número de olas

Grupos obturados con una ola:

La prueba de la prueba de χ^2 obtuvo resultados estadísticamente no significativos a nivel de la Reabsorción 1, la Reabsorción 2 ($p=,339$) y la Reabsorción 3 ($p=,423$).

Reabsorción 1: Todos los grupos tuvieron el 100% de casos con reproducción total (Figura 83).

Reabsorción 2: El grupo que obtuvo más muestras con reproducción parcial fue el de ProTaper® (aproximadamente un 20%), seguido de Autofit® (aproximadamente un 15%) y el grupo de Maillefer® no tuvo ningún caso con reproducción parcial (Figura 84).

Reabsorción 3: El grupo de Autofit® fue el que tuvo un mayor porcentaje de muestras con reproducción parcial (60%) y los grupos de Maillefer® y ProTaper® obtuvieron un porcentaje de muestras con reproducción parcial similar (25%) (Figura 85).

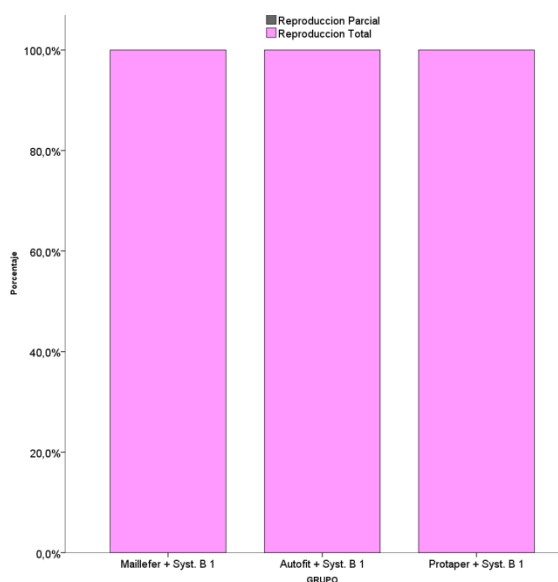


Figura 83. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar una ola de condensación en la Reabsorción 1

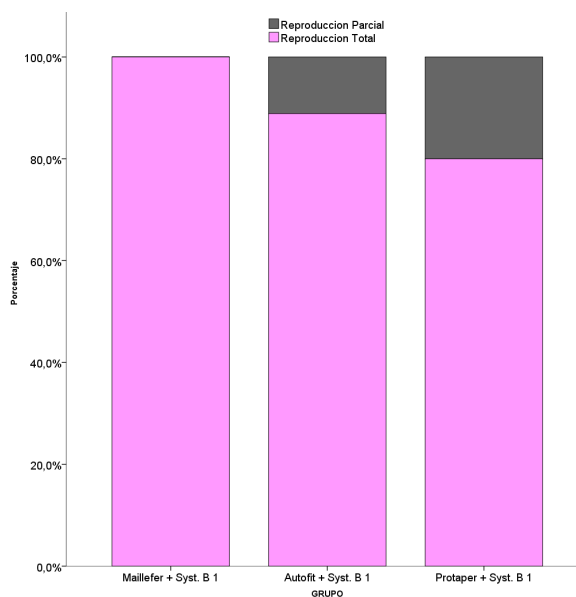


Figura 84. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar una ola de condensación en la Reabsorción 2

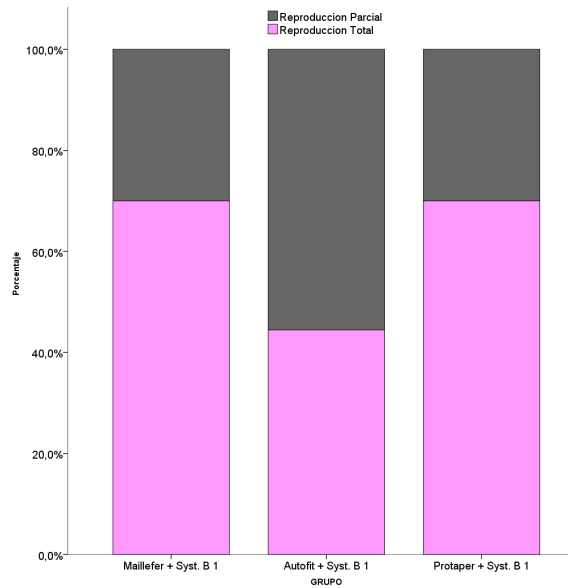


Figura 85. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar una ola de condensación en la Reabsorción 3

Grupos obturados con dos olas:

A nivel de las tres reabsorciones, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas (Reabsorción 1 con $p=,117$; Reabsorción 2 con $p=,329$; Reabsorción 3 con $p=,117$).

Reabsorción 1: Todos los casos de los grupos de Maillefer® y ProTaper® tuvieron una reproducción total, mientras que en el grupo de Autofit® casi un 20% de las muestras tuvo una reproducción parcial (Figura 86).

Reabsorción 2: El grupo de Maillefer® tuvo una reproducción total del 100%, en cambio, el grupo de Autofit® tuvo una reproducción total del 90% y el grupo de ProTaper® del 80% (Figura 87).

Reabsorción 3: Se obtuvo una reproducción total en todos los casos de Maillefer® y Autofit®; en el grupo de ProTaper® aproximadamente el 80% de las muestras tuvo una reproducción total (Figura 88).

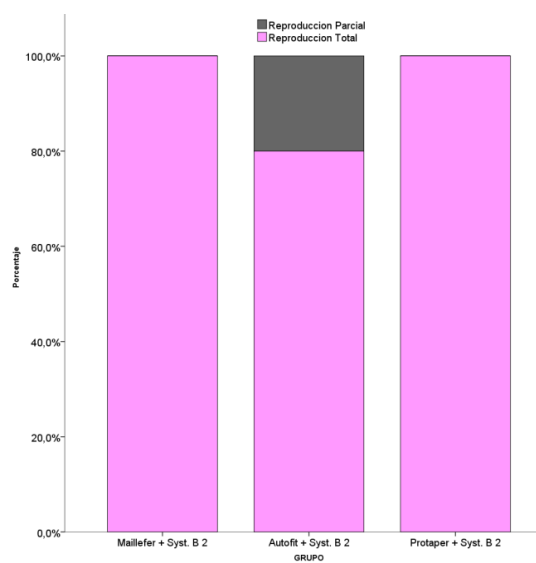


Figura 86. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar dos olas de condensación en la Reabsorción 1

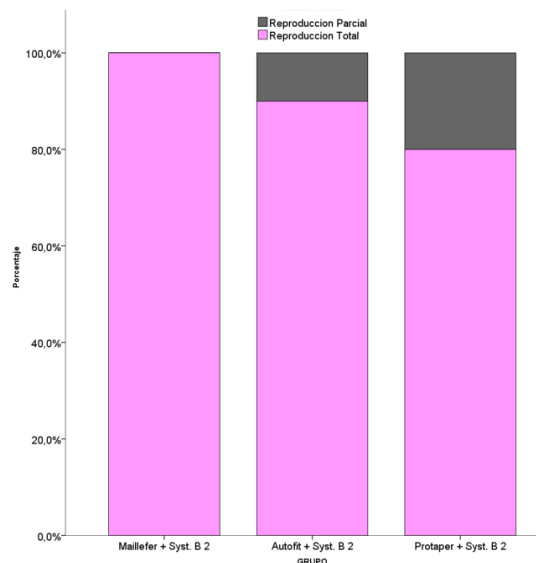


Figura 87. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar dos olas de condensación en la Reabsorción 2

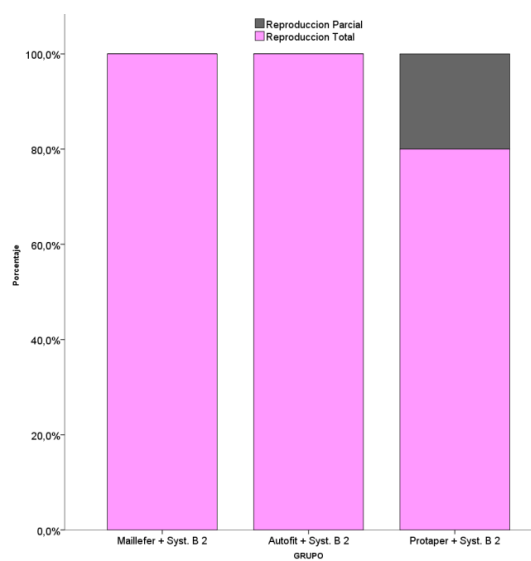


Figura 88. Porcentaje de reproducción (parcial o total) al realizar dos olas de condensación en la Reabsorción 3

Ejemplos de muestras:



Figura 89. Caso de reproducción total de la Reabsorción 1



Figura 90. Caso de reproducción total de la Reabsorción 2



Figura 91. Caso de reproducción total de la Reabsorción 3



Figura 92. Caso de reproducción parcial de la Reabsorción 3



Figura 93. Caso de reproducción parcial de la Reabsorción 2



Figura 94. Caso de reproducción completa de las tres reabsorpciones (perteneciente a la gutapercha Dentsply-Maillefer® al realizar dos olas de condensación)

VI. DISCUSIÓN

Tras la fase de limpieza y conformado del conducto debemos proceder al sellado del mismo. Aunque en la actualidad no existe ninguna técnica que selle completamente el sistema de conductos, máxime cuando éste presenta una anatomía compleja como cuando presentan una forma ovalada (80), se obtiene buenos resultados en la mayoría de los casos.

Se han descrito numerosas técnicas de obturación (23), muchas de las cuales aprovechan el uso del calor para mejorar la adaptación del material de obturación a las paredes del conducto. En este estudio se ha evaluado la habilidad de dos técnicas de obturación con gutapercha caliente, inyección y la técnica de la ola continua de Buchanan, para reproducir una serie de irregularidades o defectos anatómicos que podemos encontrar en el conducto, como son las reabsorciones internas, conductos laterales y los istmos. El área anatómica estudiada ha sido el tercio medio y coronal del conducto.

Actualmente, la técnica más empleada y más conocida para rellenar el tercio medio y coronal del conducto (*backfill*) tras obturar el tercio apical del conducto (*downpack*) mediante la técnica de la ola continua de Buchanan es la inyección de gutapercha termoplástica. También se puede realizar el *backfill* realizando otra ola de calor con otro cono maestro cortándole los milímetros apicales que corresponden a la porción de conducto ya obturado, introduciéndose con cemento sellador hasta la zona de conducto previamente obturado. Se introduce el *plugger* (a 100°C) para crear un espacio en la gutapercha e introducir varias puntas accesorias o un cono que se adapte al espacio creado por el *plugger* (90,93). De manera similar podemos realizar el *backfill* cuando no se produce el arrastre de la gutapercha del tercio medio y coronal (73), tal y como se ha detallado en el apartado de Justificación.

Para determinar si hay diferencias entre terminar la obturación del conducto (*backfill*) mediante el mismo sistema que se utiliza para obturar el tercio apical (*downpack*) o mediante un sistema de inyección, hemos utilizado el modelo *split-tooth*, diseñado por Budd y cols. en 1991 (97). Hemos utilizado dos sistemas de inyección, el sistema BeeFill® y el sistema Extruder® de la unidad Elements. Dentro de la técnica de la ola continua, hemos escogido distintas marcas de gutapercha que varían en conicidad y en la fase cristalina y se han realizado una y dos olas de condensación.

La discusión se presenta en dos partes. En primer lugar, se realizará la discusión sobre el método utilizado y en segundo lugar de los resultados obtenidos.

1. DISCUSIÓN DEL MÉTODO

Uso del modelo *split-tooth*

En este estudio utilizamos el modelo *split-tooth* descrito por Budd y cols. (97) para evaluar el grado de fluidez de la gutapercha utilizando la técnica de inyección y la técnica de la ola continua de condensación de Buchanan.

Con este modelo, al emplear un único diente, se consigue un conducto radicular estandarizado que permite la comparación directa de todos los grupos experimentales al eliminar las variaciones anatómicas que pueden presentar los dientes en general (52,97). Además, permite examinar la masa de gutapercha de cada muestra de una forma fácil y directa (98), mientras que utilizando otros métodos de medición como la radiografía (99) o cortes transversales (32,80,93) no podemos evaluar las muestras de forma tridimensional. Por ejemplo, en el caso de las radiografías solo obtenemos una visión en sentido vestibulo-lingual y las irregularidades normalmente son más visibles en sentido mesio-distal, es difícil detectar burbujas de aire y diferenciar la gutapercha del sellador (100). Se han utilizado otros métodos de evaluación del sellado como son la filtración bacteriana o uso de tintes, bien cortando el diente o diafanizándolo (101), el uso de microscopía óptica (90) o electrónica de barrido (102), e incluso estudios mecánicos de extrusión o “push-out” (103), no habiendo evidencia a día de hoy de que una de estas metodologías sea la mejor.

Por otro lado, presenta una serie de limitaciones, ya que puede no simular las condiciones clínicas que podemos encontrar por tratarse de un único conducto. La eliminación de la corona del diente, que hace que sea más fácil de realizar y obturar el modelo, puede debilitar el diente y de nuevo no simular un tratamiento clínico real donde la presencia de la corona influye de manera notoria (84,104).

Tipo de diente

El diente escogido para crear el modelo fue un incisivo central superior. Todos los artículos en los que utilizan el modelo *split-tooth* utilizaron dientes unirradiculares, especialmente los

incisivos centrales superiores (11,22,75,84,87,97,98,104–107), ya que estos dientes suelen presentar un único conducto recto. En otros estudios utilizaron los caninos superiores (21,76,83,108,109). En nuestro caso, no utilizamos un canino porque estos dientes suelen presentar conductos más ovalados, donde la inserción del transportador de calor puede admitir más variabilidad de angulaciones con respecto al eje longitudinal del diente que en un conducto menos ovalado como es el de un incisivo central.

El incisivo se instrumentó hasta un calibre 40. Aunque es un calibre amplio, al tratarse de un incisivo central superior que suelen presentar conductos amplios y rectos, como ocurre en este caso, en este tipo de diente es más habitual acercarse a estos calibres. Además, muchos de los estudios que utilizan el modelo *split-tooth* también alcanzaron diámetros apicales amplios como 45 (106), 50 (98,108) e incluso 60 (75,97).

En el presente estudio, al evaluar el tercio medio y coronal, en principio no es tan determinante el tamaño del calibre apical, aunque sería interesante realizar este estudio en un diente con un calibre menor y un conducto más estrecho, como puede ser el caso de los conductos mesiales de molares inferiores, así como conductos más ovales, para intentar reproducir algunas de las condiciones que podemos encontrar en la práctica diaria y que suponen una dificultad añadida al realizar la obturación.

Anatomía

En este estudio evaluamos algunas irregularidades anatómicas que se pueden encontrar en los tercios coronal y medio como son los conductos laterales, istmos y reabsorciones.

Conductos laterales

Los conductos laterales son zonas inaccesibles a la instrumentación y difíciles de irrigar, de modo que puede haber una persistencia bacteriana que puede producir una reinfección y un fracaso del tratamiento endodóntico (110). Además, aunque se sitúan principalmente en el tercio apical también es común encontrarlas en el tercio medio (111). Por tanto, consideramos importante estudiar si podemos conseguir una obturación tridimensional a través de los materiales que empleamos actualmente.

Para ello, se prepararon los conductos laterales con la hoja de corte de la máquina Exakt® que presenta un grosor de 200 µm. Otros estudios utilizaron hojas de corte ligeramente menores, de 150 µm, para reproducir las condiciones clínicas (21,76,110). Venturi (112) afirmó que todos los conductos laterales que estudiaron presentaban un calibre menor de 300 µm, aunque la mayoría tenían un calibre de 50 a 150 µm y este calibre aumentaba en sentido apico-coronal. Así pues, el tamaño de los conductos artificiales realizados podría ser similar al de los conductos laterales que se pueden encontrar en la práctica clínica.

Al igual que ocurre en otros estudios en los que utilizan el modelo *split-tooth* con conductos laterales (21,76,109), la preparación de los conductos laterales se continuaba más allá de las paredes del diente y seguía sobre el bloque de metacrilato. Esta consideración puede alejarse de lo que encontramos clínicamente ya que no hay nada que simule el ligamento periodontal y haga de “contención” del material de obturación. Por tanto, en futuros estudios sería conveniente preparar los conductos laterales solo sobre la superficie del diente y colocar algún material que aisle el diente asemejándose al periodonto.

Reabsorciones

Como en el caso de los conductos laterales, son irregularidades difíciles de limpiar y de obturar, situadas comúnmente en la porción media de los conductos de incisivos centrales superiores (113) por lo que con este estudio queremos valorar si se puede lograr la obliteración total de esos defectos.

En la mayoría de los artículos que evalúan las técnicas de obturación con el modelo *split-tooth* realizan una serie de depresiones en el conducto para valorar en el material de obturación el grado de reproducción y la presencia de huecos o poros.

Realizamos tres reabsorciones en el conducto, dos en el tercio coronal y una en el tercio medio. En cuanto a la profundidad y diámetro, nos basamos en el tipo de reabsorciones que realizaban en otros estudios (22,75,84,97,98,104,106,107), de modo que realizamos dos tipos de reabsorción: una pequeña y poco profunda a nivel tercio medio y coronal, y una reabsorción más grande y profunda en la zona más coronal para evaluar si había diferencias en las técnicas en distintos tipos de irregularidades.

Istmo

Debido a las características del modelo *split-tooth*, en el que tenemos dos mitades que se cierran con unos tornillos, se produce una extrusión de la gutapercha por las fuerzas de compactación que fluye más allá del conducto, tal y como describen varios estudios en los que emplean técnicas termoplásticas (22,75,83,97), llegándose a comparar por algunos autores con un diente con fractura vertical (105). Por esta razón, consideramos el espacio que hay entre los conductos laterales como un istmo y aprovechamos para valorar si hay diferencias en la extrusión de la gutapercha a esas zonas según el tipo de técnica.

Obturación del conducto: técnicas, uso de cemento sellador y lubricantes

El uso de **sellador** es necesario en la fase de obturación para llenar los vacíos y espacios que hay entre el material principal y las paredes del conducto radicular (61). En algunos estudios en los que utilizan el modelo *split-tooth* emplearon sellador para intentar reproducir las condiciones clínicas, aunque no lo evaluasen (21,76,83). En otros estudios, como el de Clinton (105), en el que se compara la condensación lateral en frío con otras técnicas de obturación, el sellador ha sido empleado con el fin de mantener la cohesión entre los conos de gutapercha al extraerlos del modelo *split-tooth*. En este estudio, al igual que en otros (22,84,97,98), no usamos sellador porque se pretendía medir el nivel de fluidez que tiene la gutapercha y al usar el cemento podía haber alguna interferencia en el grado de fluidez real de la gutapercha al ser su colocación una variable difícil de controlar.

Además del sellador, en otros estudios colocaban un **separador** en spray sobre el conducto antes de obturarlo para retirar las muestras más fácilmente sin distorsionarlas (84,97,98,104) y simular el efecto lubricante que tiene el sellador (11,75) aunque mencionan que podría debilitar el modelo (98). En este caso, no utilizamos separador porque comprobamos que la muestra se podía extraer del conducto sin que se distorsionase. Además, en las pruebas iniciales observamos que podía afectar a la superficie de las depresiones, apareciendo defectos e irregularidades en ellas.

Por lo ya explicado en el anterior apartado de Anatomía en relación al espacio existente entre las dos mitades del modelo, no se realizó la **técnica de ola continua** en los casos en los que el *backfill* era llevado a cabo mediante **inyección**. La retención que suponía este espacio hacía imposible retirar la gutapercha del tercio medio y coronal después de realizar la llamada de

separación con el transportador de calor o *plugger* durante el *downpack*, por lo que el espacio a obturar mediante la inyección quedaba limitado al espacio dejado por el *plugger* del System B. De cualquier manera, dado que el presente estudio no valora el sellado a nivel apical, se consideró obturar las muestras con la gutapercha de Extruder® y BeeFill® realizando la inyección hasta la longitud de trabajo.

Con respecto a las **condiciones ambientales** que se mantuvieron en el presente estudio, durante la obturación, se sumergía 2/3 del modelo *split-tooth* en un baño de agua a una temperatura de $37^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ con el fin de intentar reproducir la temperatura que podemos encontrar en el conducto durante el procedimiento clínico, al igual que realizan en otros estudios (21,22,35,76,109). En cambio, los trabajos de Villegas y cols. (106,107) los llevaron a cabo a temperatura ambiente porque en pruebas iniciales no encontraron diferencias entre las muestras realizadas a temperatura corporal y temperatura ambiente, aunque esos resultados no están publicados.

Previamente a la realización del trabajo, el operador se calibró realizando las técnicas utilizadas en el estudio sobre una báscula digital, donde se comprobó que no se superaban los 2 Kg al realizar fuerzas de compactación mediante los atacadores manuales o al insertar los transportadores de calor del System B, tal y como han controlado otros autores (21,76). Las fuerzas que un endodoncista realiza se han estimado que están entre 1 y 3 Kg (114).

Análisis de las muestras

Para medir los conductos laterales y el istmo se utilizó el analizador Image J. En los conductos laterales se calculó el grado de penetración en milímetros en cada tercio y también se halló el porcentaje de relleno, teniendo en cuenta las medidas reales de los conductos laterales para determinar cuál es el grado de penetración que tienen realmente las técnicas.

La principal limitación que hemos encontrado al analizar las reabsorciones es haberlo realizado con una escala de puntuación como lo evalúan en la mayoría de los estudios (11,21,75,76,83,84,97,98,104–107,109), en vez de realizar la medición como se hizo en el istmo y en los conductos laterales. Lo hemos realizado de esta forma porque al tratarse las reabsorciones de un objeto tridimensional, al medirlo solo de frente o de perfil podían omitirse otros defectos que estuviesen en otro lado. Sería recomendable realizar estas mediciones de forma tridimensional, por ejemplo, utilizando un escáner intraoral, que permita

calcular el volumen total y obtener unos resultados más precisos que los que hemos conseguido en este estudio.

Por último, cabe señalar que la evaluación de las muestras no pudo realizarse totalmente de manera ciega. En los casos donde se usó los conos de Maillefer®, el color negro que tiñe estas puntas hacía obvia la identificación de las mismas.

2. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

2.1. Comparación entre técnicas

En este estudio, no se encontraron diferencias significativas entre los dos sistemas de inyección utilizados, BeeFill® y Extruder® ($p>0,05$). En los conductos laterales, esta técnica fue superior al resto de grupos obturados con la técnica de la ola continua (con una y dos olas de condensación), a excepción del grupo ProTaper® 2 olas en los conductos laterales del tercio coronal ($p>0,05$), hecho que será tratado en el apartado 2.2.

Cabe destacar que, en **los conductos laterales** del tercio medio, la técnica de inyección obtuvo un porcentaje de relleno mayor a la longitud real de la media de los conductos vacíos (134%) mientras que en ese nivel al realizar una ola de condensación se obtuvo un porcentaje de relleno del 34% y al realizar dos olas del 60%. Resultados similares se han encontrado a nivel del istmo, donde la técnica de inyección fue superior a la técnica de la ola continua al realizar una y dos olas de condensación ($p<0,05$).

La **técnica de inyección** ha demostrado una mayor reproducción de las irregularidades anatómicas que cuando se utiliza la técnica tradicional de condensación lateral (83,98). Se recomienda realizar incrementos de gutapercha de 3 a 5 mm (115,116), seguido de una compactación con atacadores para compensar la contracción de la gutapercha al enfriarse. En este estudio realizamos incrementos de 3 mm para conseguir una mayor adaptación y evitar el atrapamiento de aire que suele ocurrir en esta técnica (85). Puede ser por esta razón, al realizar incrementos pequeños, se ha obtenido un porcentaje de relleno superior que con la técnica de la ola continua. Además, en el tercio medio el conducto es más estrecho, por lo que sería más fácil que al inyectar y al compactar con los atacadores se rellene de forma más rápida y fluya lateralmente más que en el tercio coronal, donde el conducto es más amplio y los conductos laterales están más alejados. Otra de las razones por las que puede haber

ocurrido la sobreobtención, como hemos comentado anteriormente, es que los conductos laterales no se interrumpen en el diente, sino que continúan y no hay periodonto, como ocurre en la práctica clínica. Otros trabajos publicados han mostrado cómo conductos obturados mediante System B asociado con un sistema de inyección para el *backfill* conseguían resultados similares a la obturación mediante vástago (Thermafil®) (16) o incluso superiores (117). Carvalho-Sousa y cols. (110) evaluaron la obturación de conductos laterales situados a 3, 6 y 9 mm del ápice y no encontraron diferencias significativas entre la técnica de la ola continua con inyección posterior para el *backfill* y la técnica de Tagger (termocompactación) aunque fueron superiores a la condensación lateral en frío.

Se han realizado varios estudios para evaluar si hay diferencias entre realizar un único incremento o varios incrementos. Johnson (116) observó que no había diferencias significativas entre realizar un único incremento (de 10 mm) y dos incrementos de 5 mm cada uno. Sus resultados coinciden con los de Karabukak (111), en este caso realizaron un incremento de 15 mm y 3 incrementos de 5 mm cada uno para obturar conductos laterales situados en los tres tercios. En cambio, según Perry (98), utilizando el modelo *split-tooth* obtuvieron una mayor replicación de los defectos situados en el tercio apical cuando realizaba un *backfill* con incrementos de 2 mm que cuando se realizaba en un único incremento. Estos resultados están en concordancia con nuestro trabajo, donde el incremento utilizado (3mm) es muy similar.

Moon y cols. (33) evaluaron la resistencia a la penetración y la fluidez de varias marcas de inyección, entre ellas BeeFill®. Las clasificaron como gutapercha de ‘baja fluidez’ (Obtura II®) y ‘alta fluidez’ (BeeFill®, Tactendo®). Esto implica que aquellos materiales con una menor fluidez (y mayor resistencia a la penetración) requieren una mayor fuerza de compactación que otros materiales. Es importante tener esto en cuenta a la hora de compactar la gutapercha, ya que el tiempo de endurecimiento y la fuerza de compactación necesaria será distinta entre marcas. Aunque en este estudio no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre BeeFill® y Extruder® al replicar las irregularidades, sí que se podría evaluar si tienen el mismo comportamiento.

Como hemos mencionado anteriormente, muchos autores describieron una extrusión de gutapercha a ambos lados del conducto, aunque ninguno de ellos la analizaron. La consideramos como un **istmo** y observamos que cuando se realizaba la técnica de inyección el área de penetración de la gutapercha era mayor que cuando se realizaba la técnica de

Buchanan. Como apuntó Smith en su estudio (75), el modelo *split-tooth* podía haber sido una limitación para la técnica de la ola continua y haber impedido en cierta manera la fluidez apical de la gutapercha y una mayor reproducción del conducto. En el presente estudio, también podría haber sido un impedimento para los grupos obturados con la técnica de Buchanan ya que, al contar con un volumen determinado de gutapercha, en vez de fluir en parte por ese espacio existente entre los dos bloques podía haber fluido en su totalidad por los conductos laterales o en las reabsorciones. En cambio, con la técnica de inyección el volumen de gutapercha no está limitado, como ocurre con un cono, sino que al ir realizando incrementos y compactando es más fácil que se produzca la extrusión a ese espacio y también reproducir las irregularidades.

En las **reabsorciones** 1 y 2 (situadas en el tercio coronal) no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($p>0,05$). En la reabsorción 1, situada más coronal y más ancha y profunda que el resto, llama la atención que las muestras obturadas con una ola de condensación obtuvieron un 100% de reproducción total, en cambio, los grupos de inyección y con una ola de condensación el porcentaje de reproducción total fue entre un 5-10% menor. Por otro lado, en la reabsorción 2, el grupo de inyección obtuvo un 100% de reproducción total y la técnica de la ola continua con una y dos olas obtuvo un porcentaje del 85-90%. En la reabsorción 3, que es la que está situada en el tercio medio y por tanto más cercana al final del conducto, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la técnica de inyección y la técnica de la ola continua con una y dos olas ($p<0,05$). A este nivel todos los grupos tuvieron casos con reproducción parcial, siendo la técnica de la ola continua con una ola la que más (40%), seguido de inyección (20%) y por último la de dos olas (5%). Este mayor porcentaje de reproducciones parciales en las muestras de inyección con respecto a las otras reabsorciones más coroneales o en comparación a las otras técnicas a este nivel podría deberse a la facilidad que tiene esta técnica de atrapar aire, quedando burbujas atrapadas. Mediante el atacado manual podemos eliminarlas, pero no siempre es posible, sobre todo en el tercio medio del conducto, por estar más profundo que el coronal y tener así peor acceso para el compactado de la masa inyectada, tal y como se ha señalado ya en la literatura (85).

De todo lo anterior, cabe destacar que la capacidad para obturar la anatomía compleja conferida al conducto con la técnica de inyección y la de ola continua para el tercio medio y coronal es similar. Este hallazgo cobra mayor valor al tener en cuenta que las depresiones labradas en la pared se realizaron en la zona más alejada del centro del conducto, al realizarse

el corte del diente en sentido mesio-distal. Las depresiones a obturar no solo se encuentran más lejos del cono insertado, sino del *plugger* del System B. Ello no tiene tanta relevancia durante la obturación mediante inyección, pues con el atacado manual se puede distribuir y adaptar la masa inyectada a las paredes durante su enfriamiento.

Actualmente, hay muy pocos estudios que evalúen las técnicas de obturación en el tercio medio y coronal, ya que la mayoría se centran en el tercio apical. De los estudios que evalúan el tercio apical, Natera y cols. (83) compararon la técnica de inyección modificada y la técnica de la ola continua para reproducir depresiones situadas en el tercio apical y observaron que la técnica de la ola continua tuvo una replicación de los defectos peor que la técnica de inyección. Smith y cols. (75), en cambio, no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre inyección y la técnica de la ola continua cuando se colocaba el *plugger* a 3 mm de la longitud de trabajo al reproducir depresiones situadas en los 5 mm apicales.

La **técnica de condensación lateral con calor** guarda un cierto paralelismo con la obturación del *backfill* mediante un segundo cono y segunda ola a 100° o con la **retirada del *plugger* sin arrastrar gutapercha dejando la impresión** del mismo. La única diferencia es que el *plugger* (sistema Endotec®) de la técnica lateral con calor no es romo como los utilizados para la ola continua de Buchanan, por lo que actúan como un espaciador caliente actuando lateralmente, por lo que se debe introducir más profundo en el conducto si queremos actuar sobre los últimos milímetros. Se ha publicado un trabajo donde encuentran que la condensación lateral en caliente (Endotec®) producía menos filtración que la inyección termoplástica y la termocompactación (118). El grupo de Nelson y cols. (119) utilizó el System B directamente a 100°, a 3 mm del final del conducto, para plastificar el cono maestro y sin realizar la llamada de separación, sino con el fin de realizar condensación lateral en caliente. Demostraron un aumento de densidad de la obturación con respecto a la condensación lateral en frío.

Collins y cols. (104), mediante la metodología del modelo *split-tooth*, compararon la técnica de condensación lateral en caliente con la condensación lateral en frío y con la técnica de ola continua asociada a un *backfill* de inyección. Ambas técnicas termoplásticas se mostraron superiores a la condensación lateral en frío, no encontrándose diferencias estadísticamente significativas entre ellas, resultados que están en concordancia a los hallados en este trabajo a nivel de las depresiones. Sí encontraron un mayor porcentaje de reproducción a nivel del defecto coronal, no siendo tan evidentes en los defectos del tercio medio. Otros autores (11) que han comparado estas técnicas en un modelo *split-tooth* encontraron una mayor

reproducción de defectos con la inyección termoplástica y la condensación lateral en caliente asociada a vibración (EndoTwinn®), siendo superiores a la condensación lateral caliente sin vibración (EndoTwinn® y System B).

Otros trabajos valoraron la **técnica del System B realizando el *backfill* con el mismo sistema** en lugar de la inyección termoplástica. Así, De Deus y cols. (120) obtuvieron un mayor porcentaje de relleno con gutapercha realizando la técnica del vástago (Thermafil®) que al realizar la técnica de Buchanan y la técnica de condensación lateral en frío. En cambio, en un estudio posterior sobre conductos ovales (80) no encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las técnicas de obturación caliente (obturación con Thermafil®, termocompactación y ola continua) aunque estas sí fueron superiores a la técnica de condensación lateral en frío.

Somma (121) utilizó el microCT para evaluar el porcentaje de relleno del conducto y porosidades. Encontraron un porcentaje de relleno y distribución de poros similar entre las muestras obturadas con System B, Thermafil® y cono único. Además, afirman que las tres técnicas son sensibles a la formación de poros durante el proceso. En el caso de System B, al realizar múltiples pasos al condensar con *pluggers* pueden ocurrir que queden huecos más fácilmente. Con Thermafil®, aunque es una técnica de obturación que requiere un único paso, sugieren que la inserción puede crear poros si no se adapta la gutapercha bien a las paredes o se produce una exposición del vástago. En la técnica de cono único, es el cemento sellador el encargado de rellenar las irregularidades.

Por último, cabe destacar el estudio de Gencoglu y cols. (93), centrado en la obturación del tercio medio con la presencia de reabsorciones internas grandes similares a las encontradas en dientes afectados por esta patología pulpar, en lugar de depresiones en paredes laterales. La técnica termoplástica MicroSeal® obtuvo los mejores resultados si se valoraba la presencia de gutapercha y sellador, superiores al System B (*backfill* con segundo cono y segunda ola). Estos fueron a su vez superiores a las técnicas que usaron vástago (Thermafil® y Soft Core®). Cuando se valoró solo la presencia de gutapercha, Microseal® y System B no mostraron diferencias. Estos resultados están en concordancia a otros estudios publicados que desaconsejan el uso de la técnica de obturación mediante vástago de dientes con grandes reabsorciones internas. El hecho de que la técnica de System B para los tres tercios del conducto tenga buena capacidad de obturar las reabsorciones internas grandes, pero con un mayor componente de sellador de lo recomendado, sugiere que en estos casos sería recomendable usar un sistema

de inyección para el *backfill*, donde la obturación realizada en sentido apico-coronal disminuye el atrapamiento de aire o de exceso de sellador que producen estas técnicas a nivel de estas grandes cavidades. Nuestro trabajo iría en concordancia a esta última sugerencia, pues la inyección a nivel del tercio medio del conducto muestra una gran capacidad de fluir y penetrar en grandes espacios lateralmente.

En cuanto al **número de olas** realizado en nuestro estudio, como cabía esperar, al realizar la segunda ola la gutapercha penetraba más a nivel de los conductos laterales y del istmo ($p<0,05$). El porcentaje de relleno del conducto aumentó para las tres marcas de gutapercha en la segunda ola realizada, así como el porcentaje de reproducciones totales de las depresiones creadas. Tan solo en el grupo de muestras de Autofit 2 olas no se cumplió, pues el 20% de casos mostró reproducciones parciales, siendo en el grupo Autofit 1 ola el 100% reproducciones totales. Nuestros resultados a este nivel están en general en concordancia con dos trabajos publicados que comparan la densidad creada en la masa de material de obturación. En los dos trabajos se comparó una ola con dos realizando una técnica de obturación de gutapercha lateral con calor mediante System B en el estudio de Nelson (119) y en el Liewehr con Endotec® (122). En los dos se encontró un aumento de la densidad, siendo esta diferencia estadísticamente significativa en el caso del trabajo del grupo de Nelson.

2.2. Comparación entre marcas de gutapercha (al realizar la técnica de System B)

En el presente estudio se evaluaron tres marcas comerciales de gutapercha, Dentsply-Maillefer® .06, Autofit® .06 y ProTaper® Gold F4 para valorar el grado de penetración que presentan al realizar la técnica de Buchanan con una y dos olas de condensación.

Al realizar una ola de condensación, en los **conductos laterales del tercio coronal**, se encontró que las muestras obturadas con ProTaper® tuvieron una mayor penetración que las obturadas con Autofit® y Dentsply-Maillefer® ($p<0,05$). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre estas últimas ($p>0,05$) aunque las muestras obturadas con Autofit® tuvieron una menor penetración.

Por otro lado, en los **conductos laterales del tercio medio** y en el **istmo** se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los tres tipos de gutapercha, y en ambas irregularidades el grupo obturado con ProTaper® obtuvo mayor penetración y el grupo de Dentsply-Maillefer® fue el que tuvo una menor fluidez ($p<0,05$).

En los grupos obturados con dos olas, el grupo de ProTaper® fue el que obtuvo una mayor penetración (porcentaje de relleno del 60% en los conductos del tercio coronal y 65% en el tercio medio) que el grupo Autofit® (51% en coronal y 60% en medio) y por último la gutapercha de Dentsply-Maillefer® (48% en coronal y 55% en medio).

En las **reabsorciones** no se encontraron diferencias significativas entre las marcas de gutapercha, al realizar una o dos olas de condensación ($p>0,05$). A pesar de ello, se observó que de forma general se obtuvieron más casos con reproducción completa al realizar dos olas de condensación que con una ola de condensación y que el grupo Dentsply-Maillefer® fue el que menos reproducciones parciales tuvo, tanto con una ola como dos.

Las posibles razones que podrían explicar estas diferencias los conos estudiados podría ser la conicidad que presentan y por su composición/fase cristalina.

- **Composición y fase cristalina**

La mayoría de los estudios sugieren que las formulaciones endodónticas comerciales de gutapercha existen en gran medida en el estado semi-cristalino β (28). Sin embargo, con el uso generalizado de las técnicas de termoplastificación el uso de gutaperchas en fase α se ha popularizado (22). La gutapercha en estado α presenta una alta fluidez y baja viscosidad después de calentarla y tiene propiedades de adhesión. En cambio, la gutapercha en fase β tiene menor fluidez y mayor viscosidad (123). Estas propiedades térmicas y mecánicas dependen del porcentaje de composición que tengan. Así la gutapercha contiene una gran parte de óxido de zinc (variando entre 66-84%), mientras que contiene un 14-20% de gutapercha aproximadamente en función de la marca comercial (28).

La gutapercha de ProTaper® Gold y Autofit®, según el fabricante, corresponderían a conos más indicados para técnicas de termoplastificación, por su menor porcentaje de óxido de zinc que la gutapercha Dentsply-Maillefer® 6%, por lo que tendría una mayor capacidad de fluidificación. Ello podría explicar que esta última haya tenido un menor grado de penetración en los conductos laterales y en el istmo que el resto de marcas de gutapercha. En cambio, aunque no se han encontrado diferencias significativas a nivel de las reabsorciones, el hecho de que Dentsply-Maillefer® sea la marca con menos reproducciones parciales podría deberse a que a que su mayor porcentaje de óxido de zinc que las otras dos marcas le confiera una

menor pérdida de volumen al enfriarse (123), siendo más difícil encontrar defectos como burbujas o poros.

Zhang y cols. (22) estudiaron la penetración de gutapercha en el tercio apical mediante el modelo *split-tooth* usando la técnica de ola continua. Demostraron que la gutapercha en fase α (Meta®) tiene una mayor fluidez que la gutapercha en fase β (Dentsply-Maillefer® 6%) para reproducir los conductos laterales y depresiones situadas en este tercio del conducto.

En este sentido se ha publicado otro trabajo que valora la penetración de gutapercha en conductos laterales simulados, siendo mayor esta en los casos obturados con gutapercha Autofit® que los obturados con conos Dentsply-Maillefer® (124). Estos resultados concuerdan con nuestro estudio a nivel de los conductos laterales medios e istmo (1 ola) y conductos laterales coronales y medios (2 olas), siendo estas diferencias estadísticamente significativas a favor de Autofit®, mientras que en el resto de las localizaciones para una y dos olas no se encontraron diferencias. El porcentaje de conducto lateral obturado también fue superior para Autofit® 1 y 2 olas, excepto a nivel coronal con una ola, aunque la diferencia fue pequeña (27,2% frente a 29,8%).

- **Conicidad**

En este estudio hemos evaluado marcas de gutapercha con distintos tipos de conicidad. La gutapercha ProTaper® Gold F4 tiene un diámetro en D1 de 40 y una conicidad constante en los 3 mm apicales de 6%, después de ese punto, la conicidad es variable. Esta gutapercha forma parte de los sistemas de obturación que se han creado para corresponderse a la forma de los instrumentos rotatorios de níquel-titanio, por tanto, es una gutapercha que presenta gran conicidad. Se han publicado algunos trabajos, como el de Chesler y cols., en el que observaron que las limas ProTaper® tenían menor conicidad que sus respectivos conos de gutapercha, pudiendo no llegar estos a longitud de trabajo en algunos casos en los que no se ha repasado con los instrumentos de manera profusa, sobre todo a nivel coronal (125).

La gutapercha de Autofit® presenta un vástago paralelo que se estrecha en un punto, similar a la punta de un lápiz. Están especialmente diseñadas para que no se traben en el tercio coronal del conducto, siendo más seguras a la hora de probar su correcto ajuste apical, y facilitando la realización de la técnica de ola continua.

Villegas y cols. (107) compararon dos gutaperchas con conicidades distintas, de .02 y .10, para evaluar cuál reproducía mejor la anatomía apical utilizando la técnica de la ola continua. Determinaron que una mayor conicidad del cono de gutapercha producía una peor adaptación a las paredes del conducto a nivel apical. Esto lo atribuyeron principalmente a la mayor masa de gutapercha del cono de .10, que hace que el punto de encaje de la gutapercha en el conducto sea más coronal que el de .02, de modo que es menos capaz de adaptarse en la parte apical del conducto y reproducir las irregularidades que puedan estar en ese nivel.

Al ser el cono de Autofit® más estrecho a nivel coronal que la gutapercha de ProTaper®, ello podría explicar que las muestras obturadas con esta gutapercha al realizar una y dos olas de condensación obtuvieran una menor penetración en los conductos laterales del tercio coronal con respecto a ProTaper® ($p<0,05$). Solo cuando se realizaron dos olas Autofit® superó a la gutapercha Dentsply-Maillefer® a nivel coronal y medio ($p<0,05$), lo que se puede explicar por la existencia de mayor cantidad de gutapercha una vez realizada la primera ola y obturado el hueco del *plugger* por un cono de tamaño similar. Esta gran conicidad de los conos ProTaper® a nivel coronal podría explicar que a nivel de los conductos laterales coronales no encontráramos diferencias significativas con respecto a los sistemas de inyección, obteniéndose una eficacia similar. Teniendo en cuenta estos resultados y la explicación del estudio de Villegas, sugerimos que a nivel del tercio medio y coronal sí que podría ser beneficioso utilizar un cono de gran conicidad para realizar una segunda ola a 100° con el fin de realizar el *backfill*. En esta área no tenemos el problema que puede surgir cuando probamos un cono de gran conicidad hasta longitud de trabajo. El cono de gutapercha debe de quedar bien adaptado en el tercio apical y no encontrar *tug-back* solo a nivel del tercio coronal y medio, que es el principal problema que presentan este tipo de gutaperchas (Figura 95).

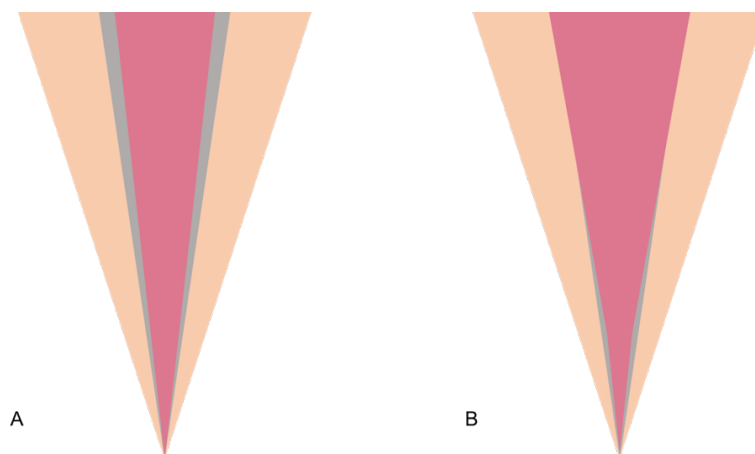


Figura 95. En el caso A) el cono de gutapercha tiene *tug-back* solo en el tercio apical. En el caso B) el cono de gutapercha tiene *tug-back* en los tercios coronal-medio y no tiene en el tercio apical

Schäfer y cols. (32) evaluaron el porcentaje de relleno del conducto con gutapercha utilizando conos de gutapercha de conicidad constante (MTwo®) y conicidad variable (ProTaper®, WaveOne®, Reciproc®) realizando las técnicas de cono único y condensación lateral. Obtuvieron que los conos con conicidad constante tenían un porcentaje de relleno de gutapercha mayor que el de los conos con conicidad variable, y esto ocurría sobre todo en la porción más apical. Sin embargo otros autores (126) compararon la capacidad de sellado apical de tres tipos de gutapercha con distintas conicidades: gutapercha Meta® .06, Autofit® .08 y ProTaper® F3 .09 con la técnica de la ola continua. Obtuvieron que, a pesar de las distintas conicidades, los tres tipos de gutapercha consiguieron un sellado adecuado en el tercio apical y, aunque no encontraron diferencias significativas, el área de gutapercha rellena fue ligeramente mayor en el grupo obturado con Meta® .06.

Con las limitaciones anteriormente señaladas de este tipo de estudio, la mayor penetración de gutapercha que hemos encontrado con los sistemas de inyección en comparación al *backfill* realizado con System B a lo largo de los conductos labrados y el espacio existente entre los dos bloques nos sugiere que en casos de grandes irregularidades anatómicas, como pueden ser las reabsorciones internas de gran tamaño y los conductos en forma de “C”, este sistema sería de elección. El único grupo que alcanza tal penetración es el de ProTaper® Gold 2 olas. Ello nos lleva a pensar que en caso de colocar un segundo cono y realizar una segunda ola de calor este tipo de cono, de alta conicidad, puede ser más apropiado que un cono de conicidad no uniforme como los Autofit®. El inconveniente que presentan los conos tipo ProTaper® Gold de no alcanzar la totalidad de la longitud de trabajo por ser demasiado cónicos y quedar trabados en la entrada del conducto no tiene relevancia en el caso de usarlos para el *backfill*, pues en este caso cortamos los 3 o 4 milímetros apicales y no presenta especial dificultad en que alcancemos la zona ya obturada del tercio apical.

El hecho de no encontrar diferencias significativas en cuanto a la reproducción de las depresiones labradas en las paredes del conducto nos lleva a pensar que en los tratamientos de conductos de dientes que no presenten una anatomía especialmente compleja podrían ser de igual utilidad las técnicas utilizadas en este estudio. En estos casos, si tras realizar la llamada de separación durante la técnica de ola continua no arrastramos la gutapercha del tercio medio y apical con el transportador de calor, podría ser útil obturar la huella creada por el mismo en lugar de realizar el *backfill* mediante inyección termoplástica de gutapercha.

En futuros estudios mediante modelos *split-tooth* consideramos que podría ser interesante intentar incluir en los mismos un sistema que nos reproduzca al menos en parte alguna de las condiciones que confiere un periodonto a un diente presente en boca cuando estamos realizando la obturación de su sistema de conductos. Este sistema más cerrado podría hacer que los resultados obtenidos tuvieran más relevancia clínica.

VII. CONCLUSIONES

1. La técnica de inyección ha mostrado una mayor penetración de gutapercha en los conductos laterales situados en el tercio coronal y medio y en el espacio considerado como istmo que la técnica de la ola continua ($p<0,05$). Con respecto a las reabsorciones, solo se encontraron diferencias estadísticamente significativas en el tercio medio y la técnica de la ola continua realizando dos olas de condensación fue la que tuvo un menor porcentaje de muestras con reproducción parcial.
2. Entre el sistema de inyección BeeFill® y el sistema de inyección Extruder® no se han hallado diferencias estadísticamente significativas para reproducir las irregularidades estudiadas en el tercio medio y coronal del conducto radicular.
3. Las muestras obtenidas mediante dos olas de calor del System B mostraron tanto a nivel de los conductos laterales como del istmo mayor penetración de material que las realizadas mediante una ola de calor ($p<0,05$).
4. Las muestras obturadas con la gutapercha ProTaper® Gold obtuvieron un mayor grado de penetración en los conductos laterales y en el espacio que hemos denominado “istmo” que las muestras obturadas con la gutapercha Autofit® y Dentsply-Maillefer® al realizar tanto una como dos olas de condensación. Sin embargo, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre las tres marcas comerciales al evaluar las replicas de las depresiones situadas en los dos tercios radiculares estudiados.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

1. American Association of Endodontists. Glossary of Endodontics Terms, 9^a ed. Chicago, IL: American Association of Endodontists; 2016. p. 35.
2. Canalda C. Obturación de los conductos radiculares. En: Canalda C, Brau E, editores. Endodoncia. Técnicas clínicas y bases científicas. 3.^a ed. Barcelona: Elsevier Masson; 2014. p. 206-231.
3. Castelucci A. Obturation of the root canal system: biological principles, materials, and techniques. En: Castelucci A, editor. Endodontics. Florencia: Il Tridente; 2004. p. 606-43.
4. Schilder H. Filling root canals in three dimensions. Dent Clin North Am. 1967;1:723-44.
5. Kandemir Demirci G, Çalışkan MK. A prospective randomized comparative study of cold lateral condensation versus core/gutta-percha in teeth with periapical lesions. J Endod. 2016;42(2):206-10.
6. Lottanti S, Tauböck TT, Zehnder M. Shrinkage of backfill gutta-percha upon cooling. J Endod. 2014;40(5):721-4.
7. Tomson RM, Polycarpou N, Tomson PL. Contemporary obturation of the root canal system. Br Dent J. 2014;216(6):315-22.
8. Aminsobhani M, Ghorbanzadeh A, Sharifian MR, Namjou S, Kharazifard MJ. Comparison of obturation quality in modified continuous wave compaction, continuous wave compaction, lateral compaction and warm vertical compaction techniques. J Dent. 2015;12(2):99-108.
9. Kandaswamy D, Venkateshbabu N, Krishna RG, Hannah R, Arathi G, Roohi R. Comparison of laterally condensed, vertically compacted thermoplasticized, cold free-flow GP obturations - A volumetric analysis using spiral CT. J Conserv Dent. 2009;12(4):145-9.
10. Kulkarni G, Balakrishnan R. A quantitative evaluation of the sealing ability of three different obturation techniques using the glucose leakage test : An in vitro study. J Int Oral Health. 2016;8:787-94.
11. Kulild J, Lee C, Lee C, Dryden J, Dryden J, Collins J, et al. A comparison of 5 gutta-percha obturation techniques to replicate canal defects. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2007;103(1):28-32.
12. Schmalz G, Horsted-Bindslev P. Root canal filling materials. En: Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C, editores. Textbook of Endodontology. 2.^a ed. Oxford:Wiley-Blackwell; 2010. p. 193-232.
13. De Deus QD. Frequency, location, and direction of the lateral, secondary, and accessory canals. J Endod. 1975;1(11):361-6.
14. Xu T, Tay FR, Gutmann JL, Fan B, Fan W, Huang Z, et al. Micro-computed tomography assessment of apical accessory canal morphologies. J Endod. 2016;42(5):798-802.
15. Kato A, Ziegler A, Higuchi N, Nakata K, Nakamura H, Ohno N. Aetiology, incidence and morphology of the C-shaped root canal system and its impact on clinical endodontics.

- Int Endod J. 2014;47(11):1012-33.
16. Marciano MA, Ordinola-Zapata R, Cunha TV, Duarte MA, Cavenago BC, Garcia RB, et al. Analysis of four gutta-percha techniques used to fill mesial root canals of mandibular molars. *Int Endod J.* 2011;44(4):321-9.
 17. Ulusoy ÖI, Yilmazoglu MZ, Görgül G. Effect of several thermoplastic canal filling techniques on surface temperature rise on roots with simulated internal resorption cavities: An infrared thermographic analysis. *Int Endod J.* 2015;48(2):171-6.
 18. Bertacci A, Baroni C, Breschi L, Venturi M, Prati C. The influence of smear layer in lateral channels filling. *Clin Oral Investig.* 2007;11(4):353-9.
 19. Grossman LI, Oliet S, Carlos E et al. *Endodontic Practice.* The University of Michigan: Lea & Febiger, 1988.
 20. Ingle JI, Newton CW, West JD, Gutmann JL; Glickman GN, Korzon BH, et al. Obturation of the radicular space. En: Chandra S, Gopikrishna V, editores. *Grossman's Endodontic Practice.* 13^o ed. Nueva Delhi: Wolters Kluwer; 2014. p. 343-373.
 21. Bowman CJ, Baumgartner JC. Gutta-percha obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod.* 2002;28(3):220-3.
 22. Zhang C, Huang W, Sun Z, Hou B. A comparison of two gutta-percha master points consisting of different phases in filling of artificial lateral canals and depressions in the apical region of root canals when using a warm vertical compaction technique. *Int Endod J.* 2011;44(11):1041-6.
 23. Johnson WT, Kulild JC, Franklin T. Obturation of the cleaned and shaped root canal system. En: Hargreaves KM, Berman LH, editores. *Cohen's Pathways of The Pulp.* 11^a ed. St Louis: Elsevier; 2015. p. 280-322.
 24. Li GH, Niu LN, Zhang W, Olsen M, De-Deus G, Eid AA, et al. Ability of new obturation materials to improve the seal of the root canal system: A review. *Acta Biomater.* 2014;10(3):1050-63.
 25. Miner MR, Berzins DW, Bahcall JK. A comparison of thermal properties between gutta-percha and a synthetic polymer based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2006;32(7):683-6.
 26. Shanahan DJ, Duncan HF. Root canal filling using Resilon: a review. *Br Dent J.* 2011;211(2):81-8.
 27. Al-Maswary AA, Alhadainy HA, Al-Maweri SA. Coronal microleakage of the Resilon and gutta-percha obturation materials with Epiphany SE Sealer: An in-vitro study. *J Clin Diagnostic Res.* 2016;10(5):39-42.
 28. Roberts HW, Kirkpatrick TC, Bergeron BE. Thermal analysis and stability of commercially available endodontic obturation materials. *Clin Oral Investig.* 2017;1-14.
 29. Venturi M, Di Lenarda R, Breschi L. An ex vivo comparison of three different gutta-percha cones when compacted at different temperatures: Rheological considerations in relation to the filling of lateral canals. *Int Endod J.* 2006;39(8):648-56.
 30. Lask JT, Walker MP, Kulild JC, Cunningham KP, Shull PA. Variability of the diameter and

- taper of Size #30, 0.04 nickel-titanium rotary files. *J Endod.* 2006;32(12):1171-3.
31. Glickman GN, Walton RE. Obturation. En: Torabinejad M, Walton RE, editores. *Endodontics. Principles and practice.* 4ª ed. St. Louis: Saunders Elsevier; 2009. p. 298-321.
 32. Schäfer E. Percentage of gutta-percha – filled areas in canals instrumented with nickel-titanium systems and obturated with matching single cones. *J Endod.* 2013;39(7):924-8.
 33. Moon HJ, Lee JH, Ahn JH, Song HJ, Park YJ. Temperature-dependent rheological property changes of thermoplastic gutta-percha root filling materials. *Int Endod J.* 2015;48(6):556-63.
 34. Briseño Marroquín B, Wolf TG, Schürger D, Willershausen B. Thermoplastic properties of endodontic gutta-percha: A thermographic in vitro study. *J Endod.* 2015;41(1):79-82.
 35. Cumbo E, Russo R, Gallina G. System B, Endo-Twinn and E-Fill. True temperatures inside the canal. *J Conserv Dent.* 2012;15(4):342-5.
 36. Castelo-Baz P, Martín-Biedma B, Lopes MM, Pires-Lopes L, Silveira J, López-Rosales E, et al. Ultramicroscopic study of the interface and sealing ability of four root canal obturation methods: Resilon versus gutta-percha. *Aust Endod J.* 2013;39(3):159-63.
 37. Shipper G, Ørstavik D, Teixeira FB, Trope M, Kakehashi S, Stanley H, et al. An evaluation of microbial leakage in roots filled with a thermoplastic synthetic polymer-based root canal filling material (Resilon). *J Endod.* 2004;30(5):342-7.
 38. Barnett F. Resilon : A novel material to replace Gutta-Percha. *Oral Health.* 2004;94:23-29.
 39. Tanomaru-Filho M, Sant’Anna-Junior A, Berbert FLC V, Bosso R, Guerreiro-Tanomaru JM. Ability of gutta-percha and resilon to fill simulated lateral canals by using the Obtura II system. *J Endod.* 2012;38(5):676-9.
 40. Barborka B, Woodmansey K, Glickman G, E S, He J. Long-term clinical outcome of teeth obturated with Resilon. *J Endod.* 2017;43(4):556-560.
 41. Wolf M, Küpper K, Reimann S, Bourauel C, Frentzen M. 3D analyses of interface voids in root canals filled with different sealer materials in combination with warm gutta-percha technique. *Clin Oral Investig.* 2014;18(1):155-61.
 42. Whitworth J, Baco L. Coronal leakage of sealer-only backfill: an in vitro evaluation. *J Endod.* 2005;31(4):280-2.
 43. Arun S, Sampath V, Mahalaxmi S, Rajkumar K. A comparative evaluation of the effect of the addition of pachymic acid on the cytotoxicity of 4 different root canal sealers—An in vitro study. *J Endod.* 2017;43(1):96-99.
 44. Ricucci D, Roças I, Alves F, Loghin S, Siqueira J. Apically extruded sealers: fate and influence on treatment outcome. *J Endod.* 2016;42(2):243-9.
 45. Desai S, Chandler N. Calcium hydroxide-based root canal sealers: A review. *J Endod.* 2009;35(4):475-80.
 46. Salz U, Poppe D, Sbicego S, Roulet J. Sealing properties of a new root canal sealer. *Int Endod J.* 2009;42(12):1084-9.

47. Darcey J, Roudsari RV, Jawad S, Taylor C, Hunter M. Modern Endodontic Principles Part 5: Obturation. *Dent Update*. 2016;43(2):114-29.
48. Kardon B, Kuttler S, Hardigan P, Dorn SO. An in vitro evaluation of the sealing ability of a new root-canal obturation system. *J Endod*. 2003;29(10):658-61.
49. Oztan MD, Yilmaz S, Kalayci A, Zaimoğlu L. A comparison of the in vitro cytotoxicity of two root canal sealers. *J Oral Rehabil*. 2003;30(4):426-9.
50. Kim YK, Grandini S, Ames JM, Gu LS, Kim SK, Pashley DH, et al. Critical review on methacrylate resin-based root canal sealers. *J Endod*. 2010;36(3):383-99.
51. Eldeniz AÜ, Erdemir A, Belii S. Shear bond strength of three resin based sealers to dentin with and without the smear layer. *J Endod*. 2005;31(4):293-6.
52. Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of GuttaFlow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. *J Endod*. 2008;34(3):295-8.
53. Collado-Gonzalez M, Tomas-Catala C, Oñate-Sanchez R, Moraleda J, Rodriguez-Lozano F. Cytotoxicity of GuttaFlow Bioseal, GuttaFlow2, MTA Fillapex, and AH Plus on human periodontal ligament stem cells. *J Endod*. 2017;43(5):816-22.
54. Gandolfi M, Siboni F, Prati C. Properties of a novel polysiloxane-guttapercha calcium silicate-bioglass-containing root canal sealer. *Dent Mater*. 2016;32(5):113-26.
55. Singh G, Gupta I, Elshamy F, Boreak N, Homeida H. In vitro comparison of antibacterial properties of bioceramic-based sealer, resin-based sealer and zinc oxide eugenol based sealer and two mineral trioxide aggregates. *Eur J Dent*. 2016;10(3):366-9.
56. Khalil I, Naaman A, Camilleri J. Properties of tricalcium silicate sealers. *J Endod*. 2016;42(10):1529-35.
57. Silva Almeida LH, Moraes RR, Morgental RD, Pappen FG. Are premixed calcium silicate-based endodontic sealers comparable to conventional materials? A systematic review of in vitro studies. *J Endod*. 2017;43(4):527-35.
58. Viapiana R, Baluci CA, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of chemical changes in sealers during application of the warm vertical compaction technique. *Int Endod J*. 2015;48(1):16-27.
59. Qu W, Bai W, Liang YH, Gao XJ. Influence of warm vertical compaction technique on physical properties of root canal sealers. *J Endod*. 2016;42(12):1829-33.
60. Viapiana R, Guerreiro-Tanomaru JM, Tanomaru-Filho M, Camilleri J. Investigation of the effect of sealer use on the heat generated at the external root surface during root canal obturation using warm vertical compaction technique with system b heat source. *J Endod*. 2014;40(4):555-61.
61. Camilleri J. Sealers and warm gutta-percha obturation techniques. *J Endod*. 2015;41(1):72-8.
62. Neff T, Layman D, Jeanson B. In vitro cytotoxicity evaluation of endodontic sealers exposed to heat before assay. *J Endod*. 2002;28(12):811-4.
63. Peng L, Ye L, Tan H, Zhou X. Outcome of root canal obturation by warm gutta-percha versus cold lateral condensation: A meta-analysis. *J Endod*. 2007;33(2):106-9.

64. Gernhardt C, Krüger T, Bekes K, Schaller H. Apical sealing ability of 2 epoxy resin-based sealers used with root canal obturation techniques based on warm gutta-percha compared to cold lateral condensation. *Quintessence Int.* 2007;38(3):229-34.
65. Olczak K, Pawlicka H. Evaluation of the sealing ability of three obturation techniques using a glucose leakage test. *Biomed Res Int.* 2017;1-8.
66. Gok T, Capar ID, Akcay I, Keles A. Evaluation of different techniques for filling simulated c-shaped canals of 3-dimensional printed resin teeth. *J Endod.* 2017;43(9):1559-1564.
67. Farzaneh M, Abitbol S, Friedman S. Treatment outcome in endodontics: the Toronto study. Phases I and II: orthograde retreatment. *J Endod.* 2004;30(9):627-33.
68. Farzaneh M, Abitbol S, Lawrence H, Friedman S. Treatment outcome in endodontics Toronto study. Phase II: initial treatment. *J Endod.* 2004;30(5):302-9.
69. Iglecias EF, Freire LG, de Miranda Candeiro GT, Dos Santos M, Antoniazzi JH, Gavini G. Presence of voids after continuous wave of condensation and single-cone obturation in mandibular molars : A micro-computed tomography analysis. *J Endod.* 2017;43(4):638-642.
70. Buchanan LS. Endodontic Obturation Techniques. The State of the Art in 2015. *Dent Today.* 2015;34(3):90-95.
71. Castelucci A. The Schilder technique of vertical compaction of warm gutta-percha. En: Castelucci A, editor. *Endodontics.* Florencia: Il Tridente; 2004. p. 644-87.
72. Buchanan LS. The continuous wave of obturation. *Dent Today.* 1996;15(1):60-2, 64-7.
73. Buchanan LS. The continuous wave of condensation obturation technique. En: Castelucci A, editor. *Endodontics.* Florencia: Il Tridente; 2004. p. 688-701.
74. García Barbero E, Bascones Ilundain J. Obturación de los conductos radiculares. En: García Barbero J, editor. *Patología y Terapéutica dental: Operatoria dental y endodoncia.* 2ª ed. Barcelona: Elsevier; 2015. p. 591-606.
75. Smith RS, Weller RN, Loushine RJ, Kimbrough WF. Effect of varying the depth of heat application on the adaptability of gutta-percha during warm vertical compaction. *J Endod.* 2000;26(11):668-72.
76. Alicia Karr N, Baumgartner JC, Marshall JG. A comparison of gutta-percha and Resilon in the obturation of lateral grooves and depressions. *J Endod.* 2007;33(6):749-52.
77. Guess G, Edwards K, Yang M, Iqbal M, Kin S. Analysis of continuous-wave obturation using a single-cone and hybrid technique. *J Endod.* 2003;29(8):509-12.
78. Siqueira JF, Lopes HP. Obturation of the root canal system. En: Siqueira JF, editor. *Treatment of Endodontic infections.* Germany: Quintessence Publishing; 2011. p. 311-341.
79. Keçeci A, Unal GC, Sen BH. Comparison of cold lateral compaction and continuous wave of obturation techniques following manual or rotatory instrumentation. *Int Endod J.* 2005;38(6):381-8.
80. De Deus G, Reis C, Beznos D, de Abranches AM, Coutinho-Filho T, Paciornik S. Limited ability of three commonly used thermoplasticized gutta-percha techniques in filling

- oval-shaped canals. *J Endod*. 2008;34(11):1401-5.
81. Fernandes M, de Ataíde I, Wagle R. C-shaped root canal configuration: A review of literature. *J Conserv Dent*. 2014;17(4):312-9.
 82. Yee FS, Marlin J, Arlen Krakow A, Gron P. Three-dimensional obturation of the root canal using injection-molded, thermoplasticized dental gutta-percha. *J Endod*. 1977;3(5):168-74.
 83. Natera M, Pileggi R, Nair U. A comparison of two gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities in a split-tooth model. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2011;112(5):29-34.
 84. Yelton C, Walker MP, Lee C, Dryden JA, Kulild JC. Assessment of a thermoplasticized gutta-percha delivery system to effectively obturate canals with varying preparation dimensions. *J Endod*. 2007;33(2):156-9.
 85. Wesselink P. Root filling techniques. En: Bergenholtz G, Horsted-Bindslev P, Reit C, editor. *Textbook of Endodontology*. 2.^a ed. Oxford:Wiley-Blackwell; 2010. p. 219-34.
 86. Kontakiotis EG, Chaniotis A, Georgopoulou M. Fluid filtration evaluation of 3 obturation techniques. *Quintessence Int*. 2007;38(7):410-6.
 87. Levitan ME, Himel VT, Luckey JB. The effect of insertion rates on fill length and adaptation of a thermoplasticized gutta-percha technique. *J Endod*. 2003;29(8):505-8.
 88. Chu C, Lo E, Cheung G. Outcome of root canal treatment using Thermafil and cold lateral condensation filling techniques. *Int Endod J*. 2005;38(3):179-85.
 89. Anbu R, Nandini S, Velmurugan N. Volumetric analysis of root fillings using spiral computed tomography : an in vitro study. *Int Endod J*. 2010;43(1):64-8.
 90. De-Deus G, Gurgel-Filho ED, Magalhães KM, Coutinho-Filho T. A laboratory analysis of gutta-percha-filled area obtained using Thermafil, System B and lateral condensation. *Int Endod J*. 2006;39(5):378-83.
 91. Gencoglu N. Comparison of 6 different gutta-percha techniques (part II): Thermafil, JS Quick-Fill, Soft-Core, Microseal, System B, and lateral condensation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*. 2003;96(1):91-5.
 92. Blum J, Machtou P, Micalle J. Analysis of forces developed during obturations-wedging effect:Part I. *J Endod*. 1998;24(4):217-22.
 93. Gencoglu N, Yildirim T, Garip Y, Karagenc B, Yilmaz H. Effectiveness of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities. *Int Endod J*. 2008;41(10):836-42.
 94. Tanomaru-Filho M, Duarte MA, da Silva G, Bosso R, Guerreiro-Tanomaru J, Anna-Júnior A. Filling of simulated lateral canals with gutta percha or resilon when using thermomechanical compaction. *J Conserv Dent*. 2014;17(3):212.
 95. Venturi M. Evaluation of canal filling after using two warm vertical gutta-percha compactation techniques in vivo: a preliminary study. *Int Endod J*. 2006;39(7):538-46.
 96. Lipski M. Root surface temperature rises during root canal obturation in vitro by the continuous wave of condensation technique using System B HeatSource. *Oral Surg Oral*

- Med Oral Pathol Oral Radiol Endod. 2005;99(4):505-10.
97. Budd CS, Weller RN, Kulild JC. A comparison of thermoplasticized injectable gutta-percha obturation techniques. *J Endod.* 1991;17(6):260-4.
 98. Perry C, Kulild JC, Walker MP. Comparison of warm vertical compaction protocols to obturate artificially created defects in the apical one-third. *J Endod.* 2013;39(9):1176-8.
 99. Goldberg F, Artaza LP, de Silvio A. Effectiveness of different obturation techniques in the filling of simulated lateral canals. *J Endod.* 2001;27(5):362-4.
 100. Goldberg F, Massone E, Esmoris M, Alfie D. Comparison of different techniques for obturating experimental internal resorptive cavities. *Endod Dent Traumatol.* 2000;16(3):116-21.
 101. Tabares Martínez P, García Barbero E. Análisis de los elementos de filtración. *Cient Dent.* 2009;1:21-8.
 102. Tay FR, Loushine RJ, Monticelli F, Weller RN, Breschi L, Ferrari M, et al. Effectiveness of resin-coated gutta-percha cones and a dual-cured, hydrophilic methacrylate resin-based sealer in obturating root canals. *J Endod.* 2005;31(9):659-64.
 103. Sly MM, Moore BK, Platt JA, Brown CE. Push-out bond strength of a new endodontic obturation system (Resilon/Epiphany). *J Endod.* 2007;33(2):160-2.
 104. Collins J, Walker MP, Kulild J, Lee C. A comparison of three gutta-percha obturation techniques to replicate canal irregularities. *J Endod.* 2006;32(8):762-5.
 105. Clinton K, Van Himel T. Comparison of a warm gutta-percha obturation technique and lateral condensation. *J Endod.* 2001;27(11):692-5.
 106. Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Three-step versus single-step use of system B: evaluation of gutta-percha root canal fillings and their adaptation to the canal walls. *J Endod.* 2004;30(10):719-21.
 107. Villegas JC, Yoshioka T, Kobayashi C, Suda H. Quality of gutta-percha root canal fillings using differently tapered gutta-percha master points. *J Endod.* 2005;31(2):111-3.
 108. Bailey GC, Ng YL, Cunningham SA, Barber P, Gulabivala K, Setchell DJ. Root canal obturation by ultrasonic condensation of gutta-percha. Part II: An in vitro investigation of the quality of obturation. *Int Endod J.* 2004;37(10):694-8.
 109. Zielinski TM, Baumgartner JC, Marshall JG. An evaluation of GuttaFlow and gutta-percha in the filling of lateral grooves and depressions. *J Endod.* 2008;34(3):295-8.
 110. Carvalho-Sousa B, Almeida-Gomes F, Carvalho PRB, Maníglia-Ferreira C, Gurgel-Filho ED, Albuquerque DS. Filling lateral canals: evaluation of different filling techniques. *Eur J Dent.* 2010;4(3):251-6.
 111. Karabucak B, Kim A, Chen V, Iqbal MK. The comparison of gutta-percha and Resilon penetration into lateral canals with different thermoplastic delivery systems. *J Endod.* 2008;34(7):847-9.
 112. Venturi M, Di Lenarda R, Prati C, Breschi L. An in vitro model to investigate filling of lateral canals. *J Endod.* 2005;31(12):877-81.
 113. Mohammad Y, Alafif H, Hajeer MY, Yassin O. An evaluation of GuttaFlow2 in filling

- artificial internal resorption cavities: An in vitro study. *J Contemp Dent Pract*. 2016;17(6):445-50.
114. Lindauer PA, Campbell AD, Hicks ML, Pelleu GB. Vertical root fractures in curved roots under simulated clinical conditions. *J Endod*. 1989;15(8):345-9.
 115. Whitworth J. Methods of filling root canals: principles and practices. *Endod Top*. 2005;(13):2-24.
 116. Johnson BT, Bond MS. Leakage associated with single or multiple increment backfill with the Obtura II gutta-percha system. *J Endod*. 1999;25(9):613-4.
 117. Keles A, Ahmetoglu F, Uzun I. Quality of different gutta-percha techniques when filling experimental internal resorptive cavities: A micro-computed tomography study. *Aust Endod J*. 2014;40(3):131-5.
 118. Kersten HW. Evaluation of three thermoplasticized gutta-percha filling techniques using a leakage model in vitro. *Int Endod J*. 1988;21(6):353-60.
 119. Nelson EA, Liewehr FR, West LA. Increased density of gutta-percha using a controlled heat instrument with lateral condensation. *J Endod*. 2000;26(12):748-50.
 120. De Deus G, Maniglia-Ferreira CM, Gurgel-Filho ED, Paciornik S, Machado AC, Coutinho-Filho T. Comparison of the percentage of gutta-percha-filled area obtained by Thermafil and System B. *Aust Endod J*. 2007;33(2):55-61.
 121. Somma F, Cretella G, Carotenuto M, Pecci R, Bedini R, Biasi M De, et al. Quality of thermoplasticized and single point root fillings assessed by micro-computed tomography. *Int Endod J*. 2011;44(4):362-9.
 122. Liewehr FR, Kulild JC, Primack PD. Improved density of gutta-percha after warm lateral condensation. *J Endod*. 1993;19(10):489-91.
 123. Ferrante M, Trentini P, Croce F, Petrini M, Spoto G. Thermal analysis of commercial gutta-percha. *J Therm Anal Calorim*. 2011;103(2):563-7.
 124. Gonzalez Gutierrez A, Carro Gomez M, Bascones Ilundain J, Garcia Barbero E. Estudio comparativo de la capacidad de fluir entre distintos materiales de obturación en conductos laterales artificiales mediante la técnica System B. *Cient Dent*. 2009;6(1):29-33.
 125. Chesler MB, Tordik PA, Imamura GM, Goodell GG. Intramanufacturer diameter and taper variability of rotary instruments and their corresponding gutta-percha cones. *J Endod*. 2013;39(4):538-41.
 126. Maria L, Andreea N. Photomicrographic evaluation of the apical sealing capacity of three types of gutta-percha master cones: an in vitro study. *Odontology*. 2012;1:54-60.